اللجنة القومية لتجهيز المعلومات
الجمعية المصرية للحاسب الآلى

سلسلة الكتب العلمية المبسطة
فى المعلوماتية
3

# ثورة الإدارة العلمية والمعلوماتية

2000

الأستاذ الدكتور
السعيد عاشور
أستاذ الهندسة الصناعية والإدارية وبحوث العمليات
عميد كلية الهندسة الأسبق
جامعة المنصورة

عنوان الكتـــاب : ثــورة الإدارة العلمية والمعلوماتية
اسم المؤلـــف : الأستاذ الدكتور / السعيد عاشور
تاريخ النشــــر : 1999
رقم الإيـــداع : / 99
ترقيم الدولـــى : I.S.B.N. - - -

## حقوق النشــر

# تصدير

## الأستاذ الدكتور/ وزير التعليم العالى والدولة للبحث العلمى

أدت الطفرة الهائلة التى حدثت فى تكنولوجيا الحاسبات والاتصالات والمعلومات إلى تطور سريع فى عملية الإدارة على جميع المستويات. فأصبحت الإدارة فى العصر الراهن تعمل على أساس معلومات وليست آراء شخصية، وتصل إلى نتائج وليست نشاطات تنموية، وتعالج جذوراً وليست مظاهر فنية، وتتبع أساليب منهجية وليست مجهودات عشوائية ، الأمر الذي أدى إلى أن أصبحت المعلومات هي المصدر الرئيسي للهيمنة الاقتصادية ، فأحال تكنولوجيا المعلومات الاقتصاد العالمي من اقتصاد يحتاج إلى معلومات إلى اقتصاد معلوماتى .

وقد اهتمت كثير من الدول النامية، وخاصة مجموعة النمور الأسيوية، باستخدامات الحاسبات والاتصالات والمعلومات في تطوير منهجية الإدارة العلمية ووسائل تدعيم القرار، حتى أصبحت تنافس الدول المتقدمة في هذا المجال، وقد أمكن لدول هذه المجموعة أن تضاعف حجم الدخل القومي نتيجة زيادة الصادرات الوطنية، لذلك فإن مؤسساتنا وهيئاتنا مطالبة بمواكبة هذه التغيرات عن طريق تطوير الإدارة لتتسم بقدرات عالية على التطور والمبادأة والابتكار، ولا يتأتى ذلك إلا بفهم عميق لمعالجة المشكلات الإدارية وزيادة الاهتمام بالجانب المهاري للإنسان، ودراسة الوسائل العلمية التي تعتمد على المعارف والمهارات.

ويسعدني أن أقدم للقراء كتاب « ثورة الإدارة العلمية والمعلوماتية » للأستاذ الدكتور/ السعيد عاشور أستاذ الهندسة الصناعية والإدارية وبحوث العمليات وعميد كلية الهندسة الأسبق بجامعة المنصورة. وهذا هو الكتاب الثالث من سلسلة الكتب العلمية المسجلة في الموسوعة التي تصدرها اللجنة القومية لتجهيز

المعلومات، وهي إحدى لجان أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، بالتعاون مع الجمعية المصرية للحساب الآلي.

ويمثل هذا الكتاب إضافة علمية، حيث يتضمن خبرة المؤلف في تطبيق الإدارة العلمية عامة وبحوث العمليات خاصة في مختلف القطاعات الإنتاجية والخدمية، وفلسفته في معالجة المشكلات عن طريق تمثيل منظومات علمية لمشكلات واقعية، ثم صياغة هذه المنظومات في نماذج رياضية، للحصول على حلول علمية. وجدير بالذكر أن المؤلف قد شارك في تقديم علم بحوث العمليات لأول مرة في مصر خلال العام السابق لحرب أكتوبر المجيدة.

وهذا الكتاب المشوق يهدف إلى تبسيط المعرفة العلمية للقراء، ويساعد في نشر الثقافة الإدارية بين الجماهير، ويساهم في ترسيخ الوعي المعلوماتي في مصر.

والله ولي التوفيق،،،

الأستاذ الدكتور

**مفيد محمود شهاب**

وزير التعليم العالي والدولة للبحث العلمي

القاهرة فى 2000.01.15

# تقـديـم

## الأستاذ الدكتور/ رئيس أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا

لقد أدت ثورة المعلومات والنمو المتسارع للمعارف العلمية إلى ابتكارات بارزة ذات فائدة عظيمة للبشرية، فازداد متوسط العمر المتوقع زيادة مدهشة، واكتشف العلاج للكثير من الأمراض، وارتفع الإنتاج الزراعي ارتفاعًا كبيرًا في مناطق عديدة من العالم للوفاء باحتياجات السكان المتزايدة. كما أن التطورات التكنولوجية واستخدام مصادر حديدة للطاقة أتاحت للبشر فرصة التحرر من الأعمال المرهقة، ومكنت أيضًا من تطوير طائفة متسعة ومعقدة من المنتجات والعمليات الصناعية

وأسفرت التكنولوجيا القائمة على طرائق الاتصال الجديدة، وعلى معالجة المطبوعات وحوسبتها، عن إتاحة فرص وطرح تحديات لم يسبق لها مثيل أمام العلميين وأمام المجتمع في مجمله. وإن الزيادة المطردة في المعارف العلمية عن منشأ ووظائف وتطور الكون والحياة تزود البشرية بأساليب في التفكير والعمل تؤثر تأثيرًا عميقًا في سلوك البشر وآفاق مستقبلهم.

ومما لا شك فيه أننا نعيش اليوم عالمًا سريع التحولات، تأتي في مقدمتها تحولات النظام الاقتصادي العالمي الجديد، والذي تقوم دعائمه بدرجة عالية على التقدم العلمي والتكنولوجي والقدرة على استيعاب تدفق المعلومات والتمكن من استخدامها وتطبيقاتها في مجالات التنمية المقدمة وبناء قوة الدولة.

وقد رأت اللجنة القومية لتجهيز المعلومات، وهى إحدى لجان أكاديمية البحث العملى والتكنولوجيا، وبالتعاون مع الجمعية المصرية للحساب الآلى، ضرورة إثارة الوعى العام بثورة المعلومات، وذلك عن طريق إصدار سلسلة من الكتب العلمية المبسطة التى يستطيع الإنسان المثقف تفهمها واستيعابها.

ويسرنى أن أقدم الكتاب الثالث من هذه السلسلة وهو « ثورة الإدارة العلمية والمعلوماتية » للأستناذ الدكتور السعيد عاشور أستاذ الهندسة الصناعية والإدارية وبحوث العمليات بجامعة المنصورة ، والذى أعد بأسلوب علمى مسط .

وهذا الكتاب يعتبر دليلاً إرشاديًا لتعزيز مكانة المعلومات في نشاطات الإدارة العلمية لخدمة المجتمع المعلوماتى .

وفقنا الله تعالى إلى ما فيه الخير لمصر ، ، ،

**الأستاذ الدكتور**

**محمد يسري محمد مرسي**

**رئيس أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا**

**القاهرة في** 10 2000.01

# المقدمة

الحمد لله نحمده ونستعينه ونستهديه ونستغفره، ونعوذ به من شرور أنفسنا وسيئات أعمالنا، ونشهد أن لا إله الله وحده لا شريك له، ونصلى ونسلم على خاتم الأنبياء محمد بن عبد الله وعلى آله وصحبه أجمعين.

أما بعد، فالتنمية الإدارية تُعَدّ محور التقدم الشامل فى الدول المتقدمة التى تحول اقتصادها من اقتصاد تصنيعى إلى اقتصاد معلوماتى، مما أدى إلى التحكم فى وسائل الإنتاج. وأصبحت المؤسسات الإنتاجية مطالبة لمواكبة هذه المتغيرات بتطوير الإدارة، لتتسم بقدرات عالية على الفهم العميق لتشخيص ومعالجة المشكلات عن طريق صياغتها فى منظومات واقعية، ثم تمثيل هذه المنظومات بنماذج رياضية تعطى حلولاً تمثل بدورها عدّة بدائل تساعد فى دعم صناعة القرار.

وعملية صنع القرار أصبحت عملية صعبة التحقيق وباهظة الثمن فى عصر يتسم بالتقدم السريع؛ لأنه أصبح عالم المعرفة السريعة، والمعلومات المتفجرة، والتقنية المستحدثة، والحياة المعقدة، والمخاطر المكلفة. فالقرار الذى كان يستند إلى الإحساس الداخلى، أو الحدس الشخصى، أو الحظ الاحتمالى، أو التخمين الفكرى، أو الحالة المزاجية، أو الإفتاء الفردى، أو التجربة والخطإ، لم يَعُدْ صائبا، لأن كل هذا لم يعد يصنع قراراً رشيدًا وعاجلاً، مما يتسبب فى ضياع فرص غالية وتكلفة باهظة فى الجهد والوقت والمال. لذلك فقد أصبحت هذه الأساليب لا تحظى بالترحيب فى صنع القرار.

وصنع القرار يقتضى قدرا كبيرا من البيانات، وهى المادة الأولية التى تعالج تحليلا وتركيبا لاستخلاص ما تضمنته من معلومات عن طريق تطبيق النماذج الرياضية، والطرق الإحصائية، والأساليب المنطقية، وما شابه ذلك، حتى يمكن إجراء السيناريوهات، ووضع الإستيراتيجيات، وتحليل المخاطر

والوطن العربى ــ وهو يعبر ماضيه، ويبنى حاضره، ويتطلع إلى مستقبله ــ يحاول اللحاق بالدول المتقدمة التى تتميز بتقدم فى تكنولوجيا الحاسبات، وتطور

فى تكنولوچيا الاتصالات، وثورة فى تكنولوچيا المعلومات؛ حيث هذه تُعَدّ المحاور الأساسية فى إدارة المؤسسات الإنتاجية.

فتكنولوچيا الحاسبات تقدمت تقدمًا هائلاً، حيث ظهرت ــ بمقتضى هذه التكنولوچيا ــ عدّة اكتشافات ونتائج مذهلة، نسرد بعضًا منها على النحو التالى:

- أمكن دمج شريحتى المعالج والذاكرة داخل شريحة واحدة بحجم وتكلفة أقل، وبطريقة ترفع قدرات خلايا الذاكرة المؤقتة بالحاسبات أربعة أضعاف، وقدراتها فى الأداء ثمانية أضعاف. وبذلك يتصور البعض أن التليفون المحمول قد يصبح فى حجم زرار الچاكت، والحاسب الآلى فى حجم كف اليد.
- أمكن تطوير الحاسب الشخصى، بحيث يمكنه إجراء مليار عملية حسابية فى الثانية الواحدة، مستخدمًا نوعية جديدة من الشرائح الإلكترونية، وبذلك يكون قد فاق قدرات السوبركمبيوتر الفائق السرعة.
- أمكن تخزين محتوى ألف كتاب من حجم الخمسمائة صفحة من القطع المتوسط، على قرص ضوئى واحد لا يتجاوز قطره اثنى عشر سنتيمترًا.

وتكنولوچيا الاتصالات تطورت تطوراً فائقًا، حيث ظهرت ــ بمقتضى تزاوج هذه التكنولوچيا مع تكنولوچيا الحاسبات ــ عدّة حقائق واكتشافات مذهلة، نسرد بعضًا منها على النحو التالى:

- أمكن زيادة سعة شبكات الاتصالات الحديثة (الألياف الضوئية التى يسرى بداخلها شعاع الليزر) إلى عشرة آلاف ضعف سعة شبكات الاتصالات التقليدية (الكابلات أو الأسلاك النحاسية التى تنقل الإشارات الهاتفية كتيار كهربى ضعيف)، مما مكّن من نقل 50,000 مكالمة هاتفية خلال دائرة واحدة من الألياف الضوئية.
- أمكن زيادة سعة دوائر الاتصال عبر الأقمار الصناعية، مما أدى إلى انخفاض تكلفة الدائرة بمعدل كبير باستخدام التكنيك الرقمى. ففى عام 1965 كانت الأقمار الصناعية تحمل 240 دائرة اتصال بتكلفة 22,000 دولار للدائرة، وأصبحت حاليًا تحمل 500,000 دائرة بخمس التكلفة السابقة. وتجدر الإشارة إلى أن تكلفة الاتصال عبر الأقمار الصناعية لا تتوقف على المسافة بين المرسل والمستقبل كما هى الحال فى طرق الاتصال التقليدية.

• أمكن نقل 40 مليار بايت فى الثانية الواحدة، مؤمِّنًا نقل النصوص والأرقام والصوت والصورة، عبر كابل من الألياف الصناعية طوله 40,000 كيلومتر؛ بادئًا من فرنسا ومنتهيًا بأستراليا عابرًا البحر المتوسط والبحر الأحمر والمحيط الهندى، رابطًا بين 33 دولة فى أربع قارات، متضمنًا 39 نقطة وصول، خادمًا حوالى 4 مليارات نسمة، أى ثلاثة أرباع سكان الأرض.

أما تكنولوچيا المعلومات، فقد انتشرت انتشارًا مذهلاً، حيث ظهرت ــ بمقتضى اندماج هذه التكنولوچيا مع تكنولوچيا الحاسبات وتكنولوچيا الاتصالات ــ عدّة مظاهر ونتائج مذهلة، نسرد بعضًا منها على النحو التالى:

• أمكن لتكنولوچيا المعلومات ــ برغم كونها صناعة ناشئة ــ تحقيق معدلات نمو وارتقاء تقنى لا مثيل له من قبل. فالناتج الكلى لصناعة المعلومات يقدر فى نهاية الألفية الثانية بحوالى ألف بليون دولار، لتحقّق أول صناعة فى تاريخ العالم رقم الترليون أى مليون مليون.

• أمكن لمجتمع المعلومات ــ برغم كونه حديث العهد ــ أن يطرح قيمًا ومفاهيم وأساليب جديدة، ويفرض على الإنسان تحديات قاسية، ويعيد النظر فى المسلمات المستقرة، وينذرالبشر بصراعات جديدة، ويثير القضايا الفلسفية التى تتعلق بالإنسان، ويبرز الأهمية للمعرفة والثقافة.

• أمكن لشبكات المعلومات ــ برغم كونها متباينة فى التصميم ــ نقل المعلومات بمعدل مذهل للغاية فى الثانية الواحدة، مما يعنى حسابيًّا نقل محتوى ما يوازى مكتبة الكونجرس فى ثانية واحدة.

والكتاب يقدم نبذة مختصرة فى الباب الأول عن سمة عصر المعلوماتية ومحاورها، موضحًا إستراتيچيات تكنولوچيا الحاسبات، وتكنولوچيا الاتصالات، وتكنولوچيا المعلومات؛ ثم يستعرض فى الباب الثانى فلسفة هندسة الإدارة، مبينًا إنجازات منهجية الإدارات، وبحوث العمليات، ونمذجة المنظومات؛ ثم يعرض فلسفة علمية الإدارة فى الباب الثالث موضحًا إيجابيات تحليل النشاط، وتوظيف الإدارة، وتدعيم القرار؛ ثم يختم بفلسفة نمذجة الإدارة فى الباب الرابع كاشفًا عن إجراءات تشخيص المشكلة، وتشكيل المنظومة، وتمثيل النموذج.

وقد ضَمَّنْتُ هذا الكتاب فلسفتى فى فن هندسة الإدارة، وعلمية الإدارة، ونمذجة الإدارة فى المنظومات الإنتاجية؛ وأوضحت هذه الفلسفة بمثال حى عن

تشخيص المشكلة الواقعية، وصياغة المنظومة العلمية، وبناء النموذج الرياضى؛ وقدمت بعض المشكلات التى قمت بمعالجتها من خلال استشاراتى الفنية لتعبر عن هذه الفلسفة.

وقد اعتمدت فى كتابى هذا على خبرتى طيلة الأربعين عامًا التى مضت فى القطاع الصناعى، والمجال الأكاديمى، والنشاط الاستشارى فى الهندسة الصناعية والإدارية، وعلمية الإدارة، وبحوث العمليات، وتطبيقات الحاسبات، وتكنولوچيا المعلومات، ومعالجة المشكلات فى المؤسسات الإنتاجية، حتى أصبح مجال نشاطى الاستشارى هو معالجة المشكلات (Problem Solving).

ومما هو جدير بالذكر، أن علمية الإدارة (Scientific Management) وبحوث العمليات (Operations Research) لم يُعرّفا فى مصر قبل صيف عام 1972، إذ قدّمنا هذه العلوم لأول مرّة فى معهد الدراسات والبحوث الإحصائية بجامعة القاهرة عن طريق منحة من مؤسسة فورد الأمريكية. ويُعَدّ هذا أول كتاب عن فلسفة هندسة الإدارة، وعلمية الإدارة، ونمذجة الإدارة فى المنظومات الإنتاجية؛ حيث تفتقر المكتبة العربية لهذا النوع من الكتب، فى حين أنها نزخر بكتب عن الأساليب التكنيكية لهذه العلوم.

وقد راعيت فى تأليف هذا الكتاب الإعداد المنطقى والكتابة المقروءة، وتوخيت القصد الميسر والأسلوب المبسط، وتجنبت الإيجاز المخل والتفصيل الممل، لكى يصبح المحتوى سهل الاستيعاب، سريع الفهم، دون الإخلال بالمضمون. وإنى لآمل أن أكون قد أحسنت تقديمه، وأن يغفر لى إن لم أكن قد أحسنت تصويره.

وفى هذا الصدد لا يفوتنى إلا أن أشكر زميلى وصديقى الأستاذ الدكتور أحمد عبادة سرحان الذى هيأ لى هذه الفرصة لأن أجمع أوراقى البحثية، ومذكراتى العلمية التى سجلت فيها منهجى وفلسفتى الشخصية فى معالجة المشكلات، وتحليل المنظومات؛ وكذا أفكارى وخواطرى الذاتية فى هندسة الإدارة، وعلمية الإدارة، ونمذجة الإدارة فى المنظومات الإنتاجية. كما أود أن أشكر كل من قدم لى العون فى إخراج هذا الكتاب، والله ولى التوفيق.

الأستاذ الدكتور

**السعيد عاشور**

القاهرة فى 99.06.08

# الفهرس

# الأشكال

# الباب الأول

# ســـمة عصر المعلوماتية

# الباب الأول

# ســمة عصر المعلوماتية

تُعَدّ التنمية الإدارية والثورة المعلوماتية محور التقدم الشامل للدول المتقدمـــة. ويشير الموقف الاقتصادى العالمى إلى سيطرة واحتكار الدول المتقدمة لمعطيـــات تكنولوچيا المعلومات التى تتحكم فى الوسائل الإنتاجية، سواء أكانت تصنيعيـــة أم خدمية، مما سبب عجزًا ونقصًا فى قدرات الدول النامية.

ومن الواضح أن هناك فجوة بين الدول المتقدمة والدول النامية، وتتسع هـــذه الفجوة على مر السنين. لذلك ينبغى تشجيع البحث والتطوير والابتكار محليًا، مـــع نقل تقنيات الدول المتقدمة، ومحاولة استيعابها وتطويرها بما يتلاءم مع الظروف المحلية. ويستمر الجمع بين التقنية المحلية والتقنية المستوردة، فى مزيج يتغـــير بتغير عناصره مع الوقت تصاعديًا فى صالح الاقتصاد القومى.

والوطن العربى وهو يعبر ماضيه، ويبنى حاضره، ويتطلـــع إلـــى مســـتقبله، يحاول اللحاق بالمجتمعات المعاصرة التى تتميز بالأنشطة الديناميكيـــة، وتزايـــد الاكتشافات العلمية، وانتشـــار الابتكـــارات التكنولـــوچيـــة، وتقـــدم الصناعـــات المعلوماتية، فى كل مناشط الحياة.

ومما هو جدير بالذكر، أنّ هذا التغيير يؤثر علـــى مســـتوى الحيـــاة ونوعيـــة المتطلبات، وبالتالى يخلق طلبًا متزايدًا على السلع والخدمـــات؛ فتتطـــور وســـائل الإنتاج لمواجهة هذا الطلب، مما يؤدى إلى مزيد من استخدام واستحداث كل مـــن الموارد من معلومات وطاقات وتقنيات؛ فتختفى كثير مـــن المـــهن والتخصصـــات القائمة، وتظهر عديد من المهن والتخصصات المستحدثة. ويصبح من المألـــوف أن الإنسان يغير عمله ووظيفته عدة مرات خلال حياته العملية، لتقادم التكنولوچيـــا التى كان يستخدمها، أو لظهور تكنولوچيا مستحدثة لم تكن مألوفة مـــن قبـــل، أو لتطور الوسائل والأساليب التكنولوچيـــة المســـتخدمة كالحاســـبات والاتصـــالات، والمعلومات.

فأصبحت المؤسسات الإنتاجية مطالبة لمواكبة هذه المتغيرات بتطوير الإدارة لتتسم بقدرات عالية على التصور والمبادأة والابتكار، وفهم عميق لمعالجة المشكلات، وزيادة الاهتمام بالجانب المهارى للإنسان، ودراسة الوسائل العلمية التى تعتمد على هذه المعارف والمهارات، والتى يمكن سردها على النحو التالى:

- فهم دقيق للعلوم الرياضية والإحصائية، والاتصالات والحاسبات.
- تداول المعلومات من تخزين واسترجاع وتحليل.
- استخدام النماذج الرياضية للتنبؤ بسلوك المنظومات.
- تطبيق المبادئ العلمية للوصول إلى التصميم الأمثل للمنظومات، السريع فى الفهم، البسيط فى التنفيذ، المنخفض فى التكاليف، السهل فى الصيانة.
- استيعاب كامل لأساليب الإدارة العلمية، مع الأخذ فى الاعتبار الجوانب الاقتصادية والاجتماعية، للقدرة على صنع القرارات الرشيدة فى معالجة المشكلات الفنية والإدارية.
- معرفة عميقة بأساليب العلاقات الإنسانية، للتحكم فى استخدام الموارد البشرية بفاعلية وكفاءة عالية.
- مهارة فائقة فى التعبير عن التخيلات والتصورات، وقدرة عالية فى التحكم فى الاتصالات والحاسبات عن طريق مختلف الوسائل، بغية الوصول إلى الأهداف المرحلية والنهائية.
- توسع مناسب فى مجالات المعرفة لمجابهة الطلب المتزايد على الأعمال التى تتطلب دراسات بينية فى مختلف المجالات.

ويظهر من التحليل الوظيفى للإدارة التى تستند إلى وسائل فاعلية، مدى تزايد الاهتمام الكامل بالمعلوماتية التى تستند إلى معارف علمية، واعتماد تطوير الإدارة على قاعدة معرفية وعلمية تتناسب مع التطور المذهل الذى حدث فى الحاسبات والاتصالات. وتتميز الإدارة العلمية الواعية بكثير من السمات، نذكر منها ما هو على النحو التالى:

- إدارة علمية قادرة على المبادأة والابتكار والتصور واستقلالية الفكر.
- إدارة علمية قادرة على الاستخدام الأمثل للمعلومات، فهى إدارة معلومات، وليست إدارة مهمات.
- إدارة علمية قادرة على تقبل التغيير واستيعابه، والإسهام فى إحداثه.
- إدارة علمية قادرة على التعامل مع أدوات العصر ووسائله برشد وفاعلية.

- إدارة علمية قادرة على صنع القرار الرشيد لمعالجة المشكلات، وإتيان الحل العملى لتصحيح المسار فى أسرع وقت ممكن.
- إدارة علمية مؤمنة بأنه لا يوجد حل واحد لأى مشكلة من المشكلات؛ فهناك لكل حلٍّ ما هو أفضل منه.

ونظرًا للتقدم التكنولوجى والعلمى، نتيجة زيادة الإنفاق على البحث العلمى والتنمية التكنولوجية، نشأت الحاجة إلى تطور أساليب وتقنيات جديدة لتخزين ومعالجة واسترجاع هذا الكم الهائل من البيانات لاستخلاص المعلومات. فقد كان رصيد المعارف يتضاعف كل مائتى عام فى القرن الماضى. فأصبح هذا العصر يتميز بسمة الانفجار المعرفى.

ففى الخمسينيات، كان يرمز إلى مصطلح المعلومات بالوثائق والمكتبات. أما فى التسعينيات، فقد أصبح يُعرف بالمعرفة الضرورية لأداء الأعمال وصنع القرار فى الحال أو فى المستقبل. وقد أصبح من الضرورى تحرير المعلومات، حتى ينطلق الاقتصاد ويزدهر الاستثمار، وتدعيم القدرات التنافسية فى السوق العالمية، لتنساب بسهولة بين وحدات ومراكز وأطراف المنظومات الإنتاجية، وتوفير المعلومة الصحيحة بدقة عالية وفى وقت مناسب وبسعر ملائم لصانع القرار. فمن الأهمية بمكان رفع درجة الوعى المعلوماتى لدى الهيئات التى تمتلك المعلومات المسموح بتداولها، حتى يصبح أسلوب التعامل مع المعلومات منسقًا مع المفهوم الصحيح الذى يجعل المعلومات مفيدة لطالبيها، وذلك بضرورة توافر عدة خصائص لعناصر معينة، يمكن توضيحها على النحو التالى:

**عنصر إتاحة المعلومة:** توفير المعلومة فى توقيت يتناسب مع الاحتياجات الزمنية لها. فالمعلومة التى تتعلق بطبيعة سلعة معينة، تصبح غير مفيدة لطالبها، إذا حصل عليها بعد فترة زمنية طويلة، حيث تكون خريطة السوق قد تغيرت خلالها، فيصبح من الخطإ الاعتماد عليها.

**عنصر شمولية المعلومة:** توفير المعلومة بحيث تغطى جميع أوجه النشاط الذى يتعلق بها بقدر الإمكان، وهذا يعنى أن المعلومة يجب أن تكون شاملة دون تفصيل زائد أو إيجاز يخل بمعناها. فالمعلومة التى تتعلق بسلعة معينة تتطلب معرفة حجم الطلب على السلعة للاستهلاك الفردى أو للتعامل التجارى أو

للتحويل التصنيعي، كما تتطلب معرفة مصادر الطلب على مستوى المستوردين والموزعين والمستهلكين.

**عنصر دقة المعلومة:** توفير المعلومة بدرجة عالية من الدقة، وخالية من الأخطاء، وممثلة لواقع الأشياء حتى تعبر عن حقيقة الأمور. فالمعلومة التي تتعلق بسعر سلعة معينة على مدار أزمنة متغيرة، لا تأخذ في الحسبان درجة جودة السلعة، ومصدر إنتاج السلعة، وتوصيف مواصفات السلعة.

**عنصر تكلفة المعلومة:** توفير المعلومة بسعر مناسب، ويتأتى هذا عن طريق استخدام وسائط تكنولوجية ووسائل اتصالات متطورة حتى تساعد على توفير المعلومة المناسبة لراغبها، وبسعر مناسب لطالبها. فالمعلومة يجب أن تكون مناسبة زمنيًا للاستخدام، وبسعر معقول.

يتضح من ذلك أن الإدارة على جميع المستويات يجب أن تعمل على أساس معلومات وليست آراء، وتصل إلى نتائج وليست نشاطات، وتعالج جذورًا وليست مظاهر، وتتبع أساليب علمية وليست مجهودات عشوائية. فتستغل المعلومات المتوافرة في عملية صنع القرار التي يسودها أحيانًا طابع الحدس والعفوية إلى حد " الفهلوة " أحيانًا أخرى.

حقًا، لقد غطت تكنولوجيا المعلومات مختلف الأنشطة من الشق اليدوي إلى الشق الذهني، ومن المهارات الدنيا إلى المهارات العليا، ومن القطاع التصنيعي إلى القطاع الخدمي، ومن النواحي الاجتماعية إلى الأمور البيئية، حتى أصبحت المعلومات في عصرنا الراهن المصدر الرئيسي للهيمنة الاقتصادية، فأحالت تكنولوجيا المعلومات الاقتصاد العالمي من اقتصاد يحتاج إلى المعلومات، إلى اقتصاد قوامه المعلومات.

لقد أثبتت تكنولوجيا المعلومات قدرة فائقة على زيادة إنتاجية الموارد البشرية والمادية والطبيعية كمًا وكيفًا، وتقليل تكلفة الإنتاج بشقيه التصنيعي والخدمي، من خلال تخفيض العمالة ذات الشق اليدوي، واعتماد على العمالة ذات الشق الذهني، وتوفير المواد الخام والوسيطة، وتقليل الفاقد في استغلال الطاقة. فقد أصبحت تكنولوجيا المعلومات هي الوسيلة الفعالة لتحقيق الأوتوماتيكية، وأصبحت المعلومات هي حلقة الوصل التي تربط بين احتياجات

السوق، ونشاطات التصميم، وتنظيمات الإنتاج، ومجهودات التوزيع في منظومة متكاملة، كما ساعدت على زيادة مراقبة ومتابعة الإدارة الحديثة على أداء الإنتاج وضبط الجودة.

ولعبت تكنولوچيا المعلومات دوراً حاسمًا فى محاصرة ظاهرة التعقد الذى بات يعترى جميع مظاهر الحياة، نتيجة للتقدم الاقتصادى، وتنوع غايات البشر، وأصبح الجو مهيأ لتطبيق أساليب الإدارة العلمية مثل بحوث العمليات (Operations Research)، والتحليل الاقتصادى (Economic Analysis)؛ وكذا توفير وسائل عملية، منها أسلوب المحاكاة (Simulation Approach)، وتحليل النظم (Systems Analysis) للتغلب على ظاهرة التعقد.

وتكنولوچيا المعلومات ـــ التى تعتمد اعتماداً أساسيًا على عدد من المحاور مثل تكنولوچيا الحاسبات، وتكنولوچيا الاتصالات، وتكنولوچيا البرمجيات ـــ تؤدى الدور الرئيسى فى إحداث المتغيرات المتلاحقة السريعة المذهلة لهذه المحاور.

ويهدف التطور الرهيب فى تكنولوچيا المعلومات إلى وجوب كون المعلومة متاحة لأى شخص، من أى مكان، وفى أى وقت، وبأى شكل، وتحت أى ظروف. وهذا يتطلب تدشين نظام عالمى جديد يجعل الإنسان فى شتى بقاع الأرض جزءاً من شبكات معلومات، بحيث يصبح بينه وبينها علاقة تكافل وتفاعل مستمر خلال أى نشاط يقوم به.

ويستدعى التوصل إلى هذا المفهوم إحداث تغييرات عميقة فى الآليات والإستراتيچيات التى يتم إدخالها فى تصنيع الأجهزة والبرامج والشبكات، وفى تصميم قواعد البيانات وشبكات المعلومات، لتتناسب مع طبيعة التوجهات المستقبلية. وقد طرح القائمون على تطوير تكنولوچيا الحاسبات والاتصالات والمعلومات أفكارهم ومفاهيمهم وفلسفاتهم على النحو التالى:

- ترفع شركة MICROSOFT مفهوم شعار النظام العصبى الرقمى كفلسفة للأفراد والمؤسسات والدول فى الحقبة الجديدة.
- تركز شركة I.B.M على مفهوم كون " الحوسبة " هى الشبكات، وتنطلق من ذلك إلى سلسلة من المبادرات فى عالم الأعمال الإلكترونية، ودعمها بنظم وبرامج وأجهزة.

• تدعم شركة N.C.R مفهوم " شخصنة " المنتجات والخدمات المقدمة، بـدلاً من اتباع أسلوب الإنتاج النمطى المتكرر للسلع والخدمات التى توزَّع على الجميع دون مراعاة الفروق الشخصية بين كل عميل وآخر.

وقد أدت هذه المفاهيم والأفكار والفلسفات الحديثة إلى حدوث هـــزَّة كبـيرة فى عالم صناعة الحاسبات والاتصالات والمعلومات، من بينها بدء تلاشى الدعـم غير المحدود الذى كان يلقاه الحاسب الشخصى طيلة العقدين الماضيين، وظـهور أجهزة جديدة أكثر قدرة على تشبيك الإنسان بعالم الشبكات من أى مكان وفـى أى وقت وبسهولة أكبر. وقد بدأت الهيئات البحثية والمؤسسات التطبيقية فى مجـالات متعددة يمكن سردها على النحو التالى:

• اتساع نطاق الأبحاث فى شبكات المعلومات، مما سيؤدى إلى إعداد شـبكة إنترنت جديدة لها القدرة على نقل حجم كبير من المعلومات بسرعات قـد تصـل إلى خمسة آلاف ضعف سرعة الإنترنت الحالية.

• اتساع نطاق النوعيات المتخصصة من الأجهزة، مما سيؤدى إلـى ظـهور أجهزة صغيرة يمكن من خلالها الدخول على أى شبكة معلومات، دون الحاجـة إلى الاستعانة بالحاسب الشخصى.

• اتساع نطاق التطبيقات البحثية، مما سيؤدى إلى إتاحة الفرصة للدخول إلـى شبكة معلومات عبر جهاز التلفزيون المنزلى العادى، فيمكن مشـاهدة القنـوات العادية، والقنوات الفضائية، والشبكات المعلوماتية.

• اتساع نطاق التداخل بين الحاسبات والاتصالات والمعلومات، مما سـيؤدى إلى ظهور أجهزة مختلطة الوظائف، يشارك فى تصنيعـها شـركات الحاسـبات والاتصالات والبرمجيات، وشركات تصنيع نظم المعلومـات، وإنتـاج رقـائق الذاكرة والمعالجات.

وقد قُدِّر لى أن أطلع على الجزء الثالث من كتاب " القوى والنفوذ عـام ألفيـن" (Puissances et Influences 2000) الـذى شارك فـى تأليفـه نحـو خمسـة وعشرين باحثًا بمراكز الأبحاث الإستراتيجية فى أوربا وأمريكـا. ويختـص هـذا الجزء بأدوات ووسائل النفوذ فى العالم، والتى من ضمنها ثورة المعلومـات التـى تقود من يتملكها فى النهاية إلى السيطرة على العالم والتحكم فيه.

ويشير الكتاب إلى أن تورة المعلومات تشكل أحد عوامل التغيير فـــي العـــالم اليوم، وهو تغيير فى جميع الميادين السياسية والعسكرية والاقتصادية والإداريـــة. وتزداد هذه الثورة أهمية، بحيث أصبحت أداة حاسمة من أدوات النفوذ، لكونـــها لا تعرف المسافات البعيدة، ولا التقوقع الجغرافى. فالمعلومات تنتقـــل فـــى صـــور مختلفة من أقاصى الدنيا إلى أدناها فى ســـرعة رهيبـــة عـــن طريـــق القنـــوات التلفزيونية والشبكات المعلوماتية، وكذا عن طريق الكمبيوتر المتنقـــل والتليفـــون المحمول.

ويؤكد الكتاب أن ثورة المعلومات تتميز بكفاءتها الواسعة وقدراتها المذهلـــة. فالتطور الرهيب الذى حـــدث فى شبكات المعلومات كالإنترنت جعـــل بمقـــدور الحكومات والهيئات والأفراد إرسال رسائل إلى العالم أجمع عن طريق الفضـــاء بنفس الاعتمادية والفعالية، لأنها ستكون فى خدمة من يعرف استغلالها بذكاء من أجل اتخاذ القرار الرشيد والسريع.

ويلفت الكتاب النظر إلى أن للمعلومات قيمة تجارية، بمعنى أنها قـــد تكـــون مصدراً للربح، كالصحف العالمية التى تختار مواقع لها على شبكات الإنـــترنت، لإمكان الإطلاع عليها مقابل مبلغ من المال يدفع مقدمًا؛ أو المؤسسات التجاريـــة التى تقدم معلوماتها مجاناً على الإنترنت، ويتم تمويلها عـــن طريـــق الحمـــلات الدعائية والإعلانية.

ويستخلص الكتاب أن ثورة المعلومات هى إحـــدى أدوات ووســـائل الســـلطة النافذة والمؤثرة، فمن يمتلك المعلومة، ويستفيد منها بذكاء، هو إذن سيد الموقف.

كما قُدِّر لى أن أطلع على كتاب " العـــرب وعصر المعلوماتيـــة " للدكتـــور نبيل على، الذى تناول قضية الأمة العربية إزاء التحديات الجسام التى يطرحـــها عصر المعلومات. والكتاب غزير المعرفة، به كثير من المعلومات، ومتشعب فـــى العديد من الاتجاهات.

ويشير الكتاب إلى أنه بالرغم من أن المعلومات هى قضية سياسية اجتماعيـــة ثقافية فى المقام الأول، فإن المثقفين العرب المتخصصين فى الإنسانيات قد نـــأوا عن الكتابة فى أمورها، معتقدين أنها من اختصاص أهل الحاسبات والاتصـــالات والإعلام فقط.

ويهدف الكتاب إلى تعريف العرب غير المتخصصين بالعلاقة المجتمعية، والمفاهيم المحورية، والتوجهات الرئيسية، والمحاور الأساسية لتكنولوچيا المعلومات، وذلك بمنأى عن المصطلحات العلمية والتفاصيل الفنية. أما بالنسبة للباحثين والفنيين العرب المتخصصين فى مجال المعلومات، فالكتاب هو بمثابة دعوة لهم لتجاوز حدود الجوانب الفنية. فلا يكفى الحديث عن الإمكانات الهائلة والإنجازات الباهرة لتكنولوچيا المعلومات، وتطور هندسة البرمجيات، وثورة تكنولوچيا الاتصالات، وإجراء بلايين العمليات الحسابية فى الثانية الواحدة، وسرعة الحسابات بالنانو ثانية، وسعة الذاكرة بالميجابايت؛ بل إن الأهم من ذلك هو إبراز مغزى كل هذه الأمور والحقائق والتوجهات والتوقعات للاقتصاد والإعلام والتعليم والثقافة واللغة فى العالم العربى، وأثرها فى العلاقات والصراعات مع النفس ومع الغير، وانعكاساتها مع التراث والفكر والواقع العربى، وما تعنيه هذه التكنولوچيا الساحقة بالنسبة للأجيال العربية الحالية والقادمة.

وتكنولوچيا المعلومات تشمل جزأين رئيسيين: أحدهما يتعلق بالأجهزة (Hardware) وهى تتضمن تكنولوچيا الحاسبات، وتكنولوچيا الاتصالات، وتكنولوچيا التحكم؛ وثانيهما يتعلق بالبرمجة (Software) وهى تتضمن هندسة المعرفة، وهندسة البرمجيات، وصناعة البرمجيات. وتنصهر هذه المكونات فى بوتقة واحدة لتنتج ما يعرف بتكنولوچيا المعلومات. لذلك يجدر بنا أن نشير فى الفصول القادمة إلى سمات عدّة محاور مؤثرة فى تكنولوچيا المعلومات مثل تكنولوچيا الحاسبات، وتكنولوچيا الاتصالات، وتكنولوچيا البرمحيات، وكذا التوجهات المتوقعة من هذه المحاور، دون الدخول فى تفاصيل فنية.

# الفصل الأول: إستراتيچيات تكنولوچيا الحاسبات

أدت الطفرة المذهلة التى حدثت فى تكنولوچيا الحاسبات إلى تطور سريع فـــى تكنولوچيا المعلومات من تجهيز وإعداد وتبويب وتخزين واسترجاع. ومتابعـــة مسار هذه الثورة التكنولوجية يتطلب تقديم وصف مختصر للنموذج الأول لجـــهاز الحاسب الآلى، وأجيال الكمبيوتر المتتالية.

فالعناصر الرئيسية للنموذج الأصلى لجهاز الكمبيوتر ــ الذى أقام معماريتـــه الداخلية مهندس الكمبيوتر الأول العالم المجرى " جون فون نيومـــان " ــ تشـــمل وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit, CPU)، ووحدة الذاكـــرة (Memory Unit)، ووسائل تخزين البيانـــات (Storage Devices)، وملحقـــات الإدخال والإخراج (Input/Output Peripherals). فالبيانات تُغذَّى مـــن خـــلال وحدات الإدخال مثل لوحة المفاتيح (Key Board)، لتحتل موضعها فـــى ذاكـــرة الكمبيوتر التى تحتفظ أيضًا بنسخة من البرنامج المصمم لمعالجة هذه البيانـــات، فتقوم وحدة المعالجة المركزية بتنفيذ التعليمات الواردة فى البرنامج واحـــدة تلـــو الأخرى، وذلك بعد تحويلها إلى ما يقابلها من العمليات المنطقية الأولية، وهـــى العمليات التى ينفذ كل منها دائرة إلكترونية متخصصة بداخـــل وحـــدة المعالجـــة المركزية، ويتم الاحتفاظ بالنتائج التى توصَّل إليها البرنامج فى ذاكرة الكمبيوتـــر تمهيدًا لحفظها على وسائل تخزين البيانات كمرحلة وسيطة، أو نقلها مباشرة إلـــى وحدات الإخراج مثل شاشة الكمبيوتر (CRT) أو جـــهاز الطـــابع (Printer) أو جهاز الراسم (Plotter).

وقبل أن نسترسل فى ذكر المنظور التاريخى لأجيال الحاسبات، يجـــدر بنـــا الإشارة إلى الفكرة التى بنى على أساسها الكمبيوتر، فوحدة المعالجـــة المركزيـــة تعتمد على نظام العد الثنائى الذى ابتكره فيلسوف ألمانى، وهـــو ذو الأســـاس 2 الذى يتكون من الصفر والواحـــد فقـــط. ويرجع الأصل فى ذلك إلـــى عبقريـــة القدامى الذين اخترعوا نظام العد العشرى، ثم توجوه باكتشافهم لرقـــم الصفـــر، فأصبح نظام العد العشرى من صفر إلى تسعة. كما يسهل تحويل العد العشـــرى إلى أى عَدٍّ آخر ثنائيًا كان أو غير ثنائـــى. فالعد العشرى الـــذى يتكـــون مـــن الأرقام (0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9) يقابله العـــد الثنائى الذى يتكـــون من الأعداد (0, 1 , 10 ,11, 101,100 , 110, 111 ,1001,1000) على التوالـــى.

وبذلك يمكن استخدام عملية التحويل هذه لتحويل أى عدد عشرى مهما كانت قيمته إلى المقابل الثنائى. فمثلاً العدد العشرى 275 يقابله ثنائيًا العدد الثنائي 10.111.101.

ونظام العد الثنائى يمثل الفكرة المحورية لبناء الكمبيوتر، فهذا النظام يمكن تمثيله بعنصر ثنائى الحالة (Bı -State) سواء أكان فيزيائيًّا أو عضويًّا، أى عنصر يمكن التحكم فيه ليتحول من إحدى حالتيه إلى الحالة المقابلة، إذ يتحول من طور المغنطة إلى طور عدم المغنطة كما فى العناصر الحديدية؛ أو من طور القفل إلى طور الفتح كما فى المفاتيح الكهربية، أو من طور الوصل إلى طور الفصل كما فى أشباه الموصلات أى الترانزيستور؛ أو من طور الانعكاس إلى طور التشتت كما فى الشعاع الضوئى؛ أو من طور التنفس إلى طور التمثيل الضوئى كما فى أنسجة البروتين المتواجدة فى الكائن المائى الصغير للغاية الذى يستوطن المستنقعات شديدة الملوحة.

وقد وضع أحد علماء الرياضيات البريطانيين الأساس النظرى لتحويل العمليات الحسابية والمنطقية التى تطبق على الأعداد الثنائية إلى دوائر كهربية يتم تكوينها من سلاسل المفاتيح المتوازية والمتلاحقة، وهى دائرة من مفتاحين متلاحقين فى تسلسل تناظر عملية "و" بمعنى "AND" المنطقية، ومفتاحين متوازيين تناظر عملية " أو" بمعنى "OR " المنطقية. وبذلك أصبح عقل الكمبيوتر فى صورة عدد محدود من الدوائر التى تنفذ العمليات الحسابية والمنطقية.

لقد مضى نصف قرن من الزمان منذ ظهور أول كمبيوتر عام 1948، الذى تطور فى عدة نقلات نوعية تمثل أجيال الكمبيوتر، والتى كان الفيصل فيها هو التغير الذى طرأ على العنصر المادى الأساسى (Buildıng Block) المستخدم فى بناء وحدة المعالجة المركزية والذاكرة. ويمكن أن نسرد نبذة عن أجيال الكمبيوتر، وهى على النحو التالى:

**جيل الكمبيوتر الأول (1948).** أُستُخْدِم فى هذا الجيل الصمام الإلكترونى القادر على تكبير الإشارة الكهربية، وتوحيد التيار المتردد فى صورة تيار مستمر، ويعمل كعنصر ثنائى الحالة. ويُعَدّ هذا الصمام كوحدة البناء الرئيسية لتطوير حاسبات ضخمة تشكل حجمًا قياسيًا كبيرًا، وتزن أطنانًا مترية عديدة، وتشغل صالات كبيرة مكيفة، وتستهلك طاقة كهربية عالية.

**جيل الكمبيوتر الثانى (1958).** حلَّت فى هذا الجيل وحدات الترانزيستور (Transistors) محل الصمام الإلكترونى ليصبح الكمبيوتر أصغر فى الحجم، وأسرع فى الوقت، وأكفأ فى العمل، وأقل فى استهلاك الكهرباء. وقد اكتشف الترانزيستور من أشباه الموصلات (Semiconductors)، حيث أثبتت قدرته على القيام بجميع وظائف الصمام الإلكترونى بكفاءة أعلى وتكلفة أقل بكثير.

**جيل الكمبيوتر الثالث (1964).** حلَّت فى هذا الجيل شريحة سيلكون واحدة (Chip) مقام العديد من وحدات الترانزيستور والعناصر الإلكترونية الدقيقة الأخرى من المقاومات والمكثفات وغيرها، والتى اندمجت بصورة مكثفة ومتكاملة داخل البنية البلورية للشريحة المذكورة، ولم تفقد هذه العناصر المفردة ـــ باندماجها هذا ـــ استقلاليتها فقط، بل وبُعْدَها الثالث أيضًا، لتتسطح فى هيئة دوائر دقيقة من عناصر إلكترونية مكافئة يتم نقشها داخل شريحة السيليكون الرقيقة.

**جيل الكمبيوتر الرابع (1982).** زاد فى هذا الجيل كثافة العناصر الإلكترونية التى أمكن دمجها فى رقيقة السيليكون والتى سميت بالدوائر المتكاملة (Integrated Circuits). وقد تحقق ذلك بفضل استخدام مواد جديدة، ووسائل مبتكرة، فى تصميم وتصنيع هذه العناصر، وضبط جودة إنتاجها.

ويمكن تلخيص حركة التطور المرتقب لتكنولوجيا الحاسبات على المدى القريب فى عدد محدود من التوجهات الأساسية المتوقعة، وهى على النحو التالى:

- يتجه التطوير فى وحدة المعالجة المركزية والذاكرة نحو مزيد من التصغير (Miniaturization)، باستخدام أنسجة البروتين بدلاً من شرائح السيليكون، أى نحو الأسرع دائمًا.
- يتجه التطوير فى معمارية منظومة الكمبيوتر نحو استخدام اللامركزية والتوازى بدلاً من المركزية والتلاحق.
- يتجه التطوير فى وسائط التخزين نحو استخدام وسائط التخزين الضوئية (Optical Media) بدلاً من وسائط التخزين المغناطيسية (Magnetic Media).
- يتجه التطوير فى وسائل الإدخال والإخراج نحو استخدام المنطوق والمسموع والملموس بدلاً من المكتوب والمطبوع والمرسوم.

لقد حدث تطور مذهل فى صناعة الحاسبات والإلكترونيات، أمكن بمقتضاها دمج شريحتى المعالج والذاكرة داخل شريحة واحدة بحجم وتكلفة أقل، وبطريقة ترفع قدرات خلايا الذاكرة المؤقتة بالحاسبات أربعة أضعاف، وقدراتها فى الأداء ثمانية أضعاف. وقد وصف هذا التطور بأنه يضع البشرية على بداية مرحلة جديدة من تصغير أجهزة الإلكترونيات والحاسبات فى حجومها وأوزانها وأسعارها، مما سيؤدى إلى استهلاك أقل فى المواد الأولية المستخدمة فى التصنيع، واستهلاك أقل فى الطاقة الكهربية داخل هذه الأجهزة فيقلل الحاجة إلى التبريد، وكفاءة أعلى فى التشغيل، وبالتالى سيؤدى إلى انخفاض أسعار هذه الأجهزة.

ويحضرنى فى هذا المقام، أنه خلال إقامتى فى الولايات المتحدة الأمريكية، حضرت مؤتمرًا عن المعلومات فى بتسبرج عام 1964. والمعلومات فى ذلك الوقت كانت تعنى الوثائق والمكتبات. وتصادف أن عرضت شركة I.B.M فيلمًا وثائقيًا بعنوان " عشرة آلاف يوم "، ومدته نصف ساعة، قدم لنا فى الخمس عشرة دقيقة الأولى ما وصلنا إليه من إنجازات فى مجال تطبيقات الحاسبات خلال الثلاثين عامًا الماضية، أى منذ عام 1934، فلم نصدق ما وصلنا إليه فى هذا المجال؛ ثم عرض علينا فى الخمس عشرة دقيقة الأخرى ما نتوقع أن نصل إليه خلال الثلاثين عامًا المقبلة، أى حتى عام 1994، فصدقنا كل هذه التصورات والابتكارات المذهلة التى لم نكن نصدقها لولا أن شاهدنا إنجازات الفترة السابقة.
وعندما أتذكر اليوم ما شاهدته فى الجزء الثانى من هذا الفيلم، وما وصلنا إليه من معجزات حتى هذا العام، أجد أن التوقعات المستقبلية التى جاءت فى الفيلم قد لا تزيد على عُشر ما وصلنا إليه حاليًا.

# الفصل الثانى: إستراتيچيات تكنولوچيا الاتصالات

أدت الطفرة المذهلة التى حدثت فى تكنولوچيا الاتصالات إلى تطور سريع فى تكنولوچيا المعلومات من إنتاج ونقل وتوزيع ومعالجة وتحليل واستغلال. وقد بدأ استخدام الاتصالات منذ الثلاثينيات، واتسع هذا الاستخدام مع تطور منظومات الشبكات عبر الكابلات الأرضية، والكوابل البحرية، والألياف الضوئية، والأشعة الميكروفية، والأقمار الصناعية، حتى وصل الأمر إلى الحد الذى توقع معه البعض حدوث أزمة مرورية للأقمار الصناعية التى تزاحمت فى ارتفاعها الثابت بالنسبة للأرض بصورة يخشى معها تداخل موجات إرسالها.

لقد حدث ترابط وتزاوج بين تكنولوچيا الاتصالات وتكنولوچيا الحاسبات منذ السبعينيات. ومع تطور الاتصالات من النظام التماثلى إلى النظام الرقمى، اتسع مجال الاتصالات ليشمل تكنولوچيا الحاسبات، وتكنولوچيا البرمجيات. ومع تطور تكنولوچيا الوسائط المتعددة (Multimedia)، أصبح من الممكن التعامل مع إشارات الصوت والمعطيات والنص والصور الساكنة والمتحركة. فقد حررت تكنولوچيا الاتصالات الإنسان تدريجيًا من قيود المكان، بل وتوسعت دائرة وجوده ليبدو وكأنه موجود فى أكثر من مكان فى الوقت ذاته. وإذا كان هذا هو الواقع اليوم، فهل يمكن أن نتخيل ما يمكن أن يؤدى إليه الاندماج المثير بين تكنولوچيا الحاسبات وتكنولوچيا الاتصالات لخدمة المعلوماتية على المدى القريب والبعيد.

واخترقت الحاسبات موضع القلب من منظومة الاتصالات، وتم تحويل السنترالات الكهروميكانيكية إلى سنترالات رقمية، إذ أثبتت الحاسبات قدرة فائقة ومرونة هائلة فى تحويل الرسائل. فالحاسبات تدين لتكنولوچيا الاتصالات بدورها الخطير الذى تؤديه حاليًا على مستوى العالم، والذى تشير جميع الدلائل إلى تعاظمه فى المستقبل. كما أن تكنولوچيا الاتصالات تدين للحاسبات الآلية والإلكترونات الدقيقة بارتقائها التكنولوچى. لقد حررت الاتصالات الحاسبات من الصالات المكيفة لتخرج بها إلى الأماكن الخارجية، تنشر خدماتها عبر القارات المترامية والفضاء الخارجى. وأصبحت تكنولوچيا المعلومات هى التى توصل المراكز بالفروع، وتقيم حلقات الوصل بين حاسب وآخر وبين مستخدم وآخر. إنها وسيلة كسر حواجز الزمان والمكان.

ويمكن إرجاع الدور المهم الذى تؤديه تكنولوچيا الاتصالات فى المجتمع الحديث إلى عدة عوامل رئيسية يمكن تلخيصها فيما يلى: تحول الاقتصاد إلى العالمية، وسرعة تبادل المعلومات بين مختلف مواقع العمل، وتفتيت الإعلام الجماهيرى بدلاً من البث المشاع، واعتماد عملية اتخاذ القرار على المعلومات المتوافرة داخل وخارج المنشأة، واستغناء عن الأفراد بالاتصالات الهاتفية والفاكسات وغيرها، وانتشار المنظومات الأوتوماتيكية، وتحول تصميم منظومات الحاسبات من المركزية إلى اللامركزية، واتجاه متزايد نحو المشاركة فى موارد المعلومات، وتوسع فى تقديم خدمات المعلومات إلى المنازل.

ويمكن تلخيص التوجهات الرئيسية المتوقعة لتكنولوچيا الاتصالات فى عدة محاور، أهمها ما هو على النحو التالى:

- يتجه التطوير نحو نقل البيانات رقميًا، بديلاً عن نقل الصوت، أى بالإشارة الصوتية المستمرة.
- يتجه التطوير نحو الخفض فى الأسعار دائمًا، ومن ثم دوائر اتصال أرخص، ومعدات إرسال واستقبال أرخص، ومحطات أرضية أرخص، ودوائر أقمار صناعية أرخص.
- يتجه التطوير نحو نقل الإشارة الهاتفية عن طريق تيار الفوتون عبر الألياف الضوئية، بديلاً عن طريق تيار الإلكترون عبر الأسلاك النحاسية.
- يتجه التطوير نحو استحداث أسلوب تحويل حزم الرسائل، بديلاً عن تحويل الدوائر.
- يتجه التطوير نحو بث المعلومات على أساس الطور التجاوبى، بديلاً عن الطور السلبى حيث تنتقل المعلومات فى اتجاه واحد.
- يتجه التطوير نحو الاتصال من خلال التليفون المحمول، بديلاً عن التليفون الثابت.
- يتجه التطوير نحو استخدام شفرة متعددة اللغات، بديلاً عن الشفرة التى تناسب مطالب اللغة الإنجليزية.

# الفصل الثالث: إستراتيچيات تكنولوچيا البرمجيات

أدت الطفرة المذهلة التى حدثت فى تكنولوچيا البرمجيات إلى تطـــور ســريع فى تكنولوچيا المعلومات من مرونة وسرعة ودقة. فبعد سلســلة مـــن التجـــارب الفاشلة فى تطوير البرمجيات على اختلاف مجالاتها، ودرجة تعقـــــدها، ومـــع تعاظم دور البرمجيات فى منظومات المعلوماتية، أيقن الجميع أن عملية تطويـــر البرمجيات أعقد من أن تترك لمحاولات الهواة من مخططى الـــبرامج ومحللـــى النظم. ومع زيادة اعتماد المؤسسات على نظم المعلومات، لزم إخضـــاع عمليـــة تطوير البرمجيات للمنهجية الهندسية والعلمية الدقيقة، فخرجت إلى الوجود هندسة البرمجيات بهدف وضع أسس ومعايير دقيقة لمهام التنفيذ والإشـــراف الخاصـــة بجميع مراحل تطوير البرمجيات.

وتستخدم البرمجيات فى تشغيل الحاسبات،وهى عبارة عن مجموعتيـــن، كـــل منهما تأخذ طابعًا مميزًا، وهما: برامج التشغيل التى ترتبط ارتباطًا وثيقًا بمكونات أجهزة الحاسب الصماء؛ وبرامج التطبيق التى بدورهـــا تتضمـــن البرمجـــة ذات المستوى الأدنى مثل أجهزة التحكم والأنظمة المدمجة، والبرمجة ذات المســـتوى الأعلى مثل النظم الإدارية والتصميمية.

وقد أدت عدَّة دوافع إلى تعقد عملية تطور البرمجيات، مما شجَّع على ظـــهور الحاجة لهندستها، وهى: تعامل نظم المعلوماتية مع مستويات الإدارة العليا، ومـــع مستويات التشغيل الدنيا، فتتفاوت دورها أو مستوى مهارتها؛ وتعقد التطبيقـــات بالرغم من دوام الرغبة فى توسيع وتعميق خدمات الحاسب؛ وقابلية البرمجيـــات للصيانة، أى سهولة إدخال التعديلات والتحسينات عليها؛ وضرورة وجـــود إدارة حازمة لتطوير البرمجيات، ودخول تطبيقات المعلومات فـــى مجـــالات جديـــدة كالإنسانيات.

وتحتاج صناعة البرمجيات بطبيعتها إلى الكوادر البشرية المؤهلة تأهيلاً تقنيّـــا فى البرمجيات، والمؤسسات التنافسية المختصة بالبرمجيات، والاستخدام الأمثـــل للتقنيات الحديثة فى مجال البرمجيات. وقد مرت تكنولوچيا البرمجيات بتجـــارب عالمية، وقطعت شوطًا طويلاً فى تصنيع البرمجيات وتطويرها، حتى أصبحـــت هذه الصناعة مستقرة، تؤدى دورها الإيجابى فى دعم الدخل القومى. وتوجد عدَّة نماذج عالمية فى صناعـــة البرمجيـــات منـــها التجربـــة الهنديـــة، واليابانيـــة، والإسرائيلية، والأوربية.

أما فى مصر، فقد بدأت تجربة كتابة البرامج بلغات الحاسب المختلفة خـــلال الستينيات، عندما كانت الحاسبات ذات أحجام كبيرة وقدرات محدودة. وقد ارتبط تخطيط البرامج بشركات إنتاج الحاسبات. ومع ظــهور الحاســبات الشــخصية وانتشارها فى مصر، وتطور أساليب حديثة للبرمجة، أنشئت عدَّة معاهد لتدريــب الخريجين المتميزين على تكنولوچيا البرمجيات، وتطوير المنظومات، وتوسيعات التطبيقات.

وفى تقرير اللجنة المنبثقة من اللجنة القومية للمعلوماتيـــة، ذكــرت الوضــع الحالى لصناعة البرمجيات فى مصر، وهى أن الشركات العاملة فى هذا المجـــال ذات أحجام صغيرة وإمكانات محدودة؛ وتركز على التطبيقات التقليدية الماليـــة أو الإدارية؛ وتستخدم طرقا تقليدية فى تخطيط البرامج؛ وتعانى من تسرب الكـــوادر الفنية بعد تأهيلها؛ وتفتقر إلى الخبرة فى تصدير البرمجيـــات؛ ويصعـــب عليـــها المنافسة عالميًا نظرًا لضعف هياكلها وكوادرها.

هــذا بالإضافة إلى عدم توافر دراسة علمية جادة عـــن احتياجـــات الســوق المحلية للبرمجيات؛ وعدم تواجد تصور واضح عن القدرة التنافسية فى الأســواق العالمية فى مجال صناعة البرمجيات؛ وعدم توافر خطة إســـتراتيچية واضحـــة لصناعة البرمجيات فى مصر.

ويمكن تلخيص التوجهات الرئيسية المتوقعة لتكنولوچيا البرمجيات فـــى عـــدَّة محاور، أهمها على النحو التالى:

- يتجه التطوير نحو ضبط درجة النضج المنهجى فى إدارة وتنفيذ المشـــروع المعلوماتى.
- يتجه التطوير نحو استعادة المستخدم مكانته كمشارك لا كمتلقٍ فى جميـــع مراحل تطوير البرمجيات بصفة عامة، ومرحلة تحديد الاحتياجات بصفة خاصة، حيث يتوقف عليها مصير المنظومة كلها.
- يتجه التطوير إلى ظهور الحاجة إلى إحداث تغييرات جذرية فـــى أســـاليب العمل للتنسيق مع مطالب الحاسبات.

# الباب الثانى

# فلسفة هندسة الإدارة

الفصل الأول : إنجازات منهجية الإدارات .

الفصل الثانى : إنجازات بحوث العمليات .

الفصل الثالث : إنجازات نمذجة المنظومات .

# الباب الثانى

# فلسفة هندسة الإدارة

هندسة الإدارة ما هى إلا تطبيق ابتكارى للعلوم الرياضية والطبيعية والإنسانية، واستخدام أمثل للمعارف النوعية والمهارات التخصصية، التى تمكن من التصميم الهندسى، والتصنيع التكنولوچى، والتنظيم الإدارى لمنظومات إنتاجية متكاملة ـ سواء أكانت تصنيعية أم خدمية ـ تتضمن المدخلات والتحويلات والمخرجات، وذلك للحصول على سلعة منتجة أو خدمة مقدمة، بمواصفات قياسية محددة لتكون سهلة فى الاستعمال، وبأساليب تكنولوچية ممكنة لتكون بسيطة فى التصنيع، وبجودة ذات مستوى عال من الدقة لتناسب المستخدم، وبكميات تتلاءم مع متطلبات السوق الفعلية، وفى وقت مناسب لاحتياجات المستهلك، وبأقل تكلفة متوقعة يتقبلها المشترى.

ويتضح من هذا التعريف أن المنظومة الإنتاجية المتكاملة تتطلب بُعْدًا تصميميًّا، وبُعْدًا تكنولوچيًا، وبُعْدًا تنظيميًّا.

فالبُعْد التصميمى يحتاج إلى تطبيق العلوم الطبيعية، والأساسيات الهندسية، والمعارف الإنسانية فى تصميم السلع أو المعدات أو العدد، على أن تراعى فى ذلك العوامل الهندسية، والمعايير الاقتصادية، والاحتياجات الإنسانية، حتى يكون المنتَج قابلاً للاستعمال، منخفضًا فى التكاليف، منافسًا لنظيره، سهلاً فى الصيانة.

أما البُعْد التكنولوچى فهو يحتاج إلى استخدام مجموعة من المعارف والمهارات التى تتضمن نظريات وأساليب وتكنولوچيات التصنيع بما فيها من عمليات تشغيل أو تشكيل، حتى يسهل اختيار أمثل العمليات الإنتاجية وتسلسلها، وأمثل المعدات والمثبتات والمحددات والعدد والإسطمبات لتصنيعها.

والبُعْد التنظيمى يحتاج إلى استيعاب كامل للإدارة العلمية، والعلوم الإنسانية، والمهارات الشخصية، والإحساسات الداخلية، لتنظيم منظومة إنتاجية على

المستوى الكلى والجزئى، وذلك بالتخطيط السليم لسياسات المنظومة، والتنبؤ بالمستقبل لسلوك المنظومة، والتحليل المنطقى لاقتصاديات المنظومة، والمراقبة الفعالة لعمليات المنظومة.

وسنتناول فى هذا الباب فلسفة المؤلف فى هندسة الإدارة موضحين منهجية الإدارات، وبحوث العمليات، ونمذجة المنظومات، ثم نذيّل كل فصل من فصول هذا الإدارات بتواريخ وأحداث وإنجازات كل منها.

# الفصل الأول: إنجازات منهجية الإدارات

منهجية الإدارات ما هى إلا عملية ذات طبيعة تكرارية يتم من خلالها التوصل إلى نظريات تمثل واقع منظومات التشغيل، بغية تحقيق أقصى فعالية ممكنة، ودعم عملية صنع القرار. وإذا نظرنا إلى مدى تقدم التكنولوچيا الذاتية فى منظومات التشغيل بمختلف الدول النامية، نجد أنها تعانى من ضمور فى البنية الإنتاجية، وذلك للسلوك غير الواعى فى مختلف القطاعات الاقتصادية والصناعية والزراعية والتجارية والمالية والاجتماعية، والاعتماد على الإطار التقليدى فى التنمية. وهذا ناتج عن قصور فى المعرفة للمنظومات الإنتاجية المتكاملة ووظائفها الرئيسية ومهامها الفرعية من تصميم وتصنيع وتنظيم، وكذا مقوماتها الأساسية وعناصرها المهمة من مواد ومعدات وعمالة؛ واقتصار الصناعات على تجميع المكونات، وسطحية الخبرة فى التصنيع المتكامل دون التعمق فى العمليات الإنتاجية من تشغيل وتشكيل ؛ وضعف القدرة الابتكارية، مما يؤدى إلى محدودية التغيير والتجديد. لذلك تواجه المؤسسات الإنتاجية الوطنية تحديات كبيرة مثل عدم الالتزام بمعايير المواصفات القياسية للمنتجات، وعدم التمسك بأساليب توكيد الجودة، مما أدى إلى عزوف المستهلك عن المنتجات المحلية، وضعف القدرات التنافسية.

ويعتمد نجاح المؤسسات الإنتاجية، سواء كانت تصنيعية أو خدمية، على خبرة وحنكة الإدارة على مختلف المستويات الإدارية. ولما كانت التكنولوچيا الحديثة تؤدى دوراً مهمّا فى جميع منظومات التشغيل بهذه المؤسسات، فقد أدّى استحداث تقنيات جديدة ــ من منظومات تصنيع مرن (Flexible Manufacturing Systems)، وإدخال أجهزة ربوت (Robots) فى عمليات التصنيع الروتينية المتكررة، وتقديم معدات تصنيعية مزودة بوحدات منطقية (Logic Units)، وخطوط إنتاج كمى (Mass Production Assembly-Lines) مزودة بدوائر إلكترونية لتلقى تعليمات معينة وتخزينها وتنفيذها بناء على أوامر مبرمجة ــ إلى إحداث ثورة فكرية فى إدارة المؤسسات الإنتاجية. وأصبحت خصائص المنظومة القادرة على إنتاج كمى من السلع أو الخدمات، وخصائص الموارد الموزعة بكفاءة عالية فى إطار هذه المنظومة، وخصائص الأساليب الحديثة للتصميمات والعمليات الإنتاجية المناسبة ــ تمثل الرؤية المستقبلية لهندسة وعلمية الإدارة .

## منهجية هندسة الإدارة :

هناك فرق شاسع بين إدارة الهندسة ( Management Engineering) وهندسة الإدارة، (Engineering Management) ،إذ إن إدارة الهندسة ترمز إلى الإدارات أو الأقسام الهندسية، كإدارة أو قسم التصميم، وإدارة أو قسم الإنتاج، وإدارة أو قسم الصيانة، وذلك لمزاولة النشاط الإدارى فى هذه الإدارات أو الأقسام. ويراعى فى ذلك النظر إلى الإدارة أو القسم كمنظومة متكاملة ومستمرة ومتزامنة، لا يتعارض فيها الجزء مع الكل، وعلى أن الخلل فى أى جانب منها أو منه تتداعى له سائر الجوانب من مدخلات وعمليات تحويل ومخرجات. وهذا يعنى ضرورة الاهتمام بالجزء والكل معًا فى ظل نظام معلومات فعال وكفء. لذلك فإن الإدارة تزاول وظائفها من تخطيط وتنظيم وتحليل ومراقبة . أما هندسة الإدارة فهى تطبيق الأسلوب الهندسى فى إدارة المؤسسات الإنتاجية، ومعالجة المشكلات الإدارية، وصنع القرارات التنفيذية .

وتختص هندسة الإدارة فى أول عهدها بالمشكلات اليومية التى قد تحدث فى المؤسسات الإنتاجية، حيث كانت معظم عمليات التشغيل والتشكيل تجرى يدويًّا أو بالاستعانة بماكينات بدائية. ولما كان التركيز على تعظيم الربحية فى المؤسسات الإنتاجية، اختصت الهندسة الإدارية بمحاولة تخفيض عناصر التكلفة فى جميع مراحل التصنيع والتغليف والتخزين والنقل، أو زيادة حجم الإنتاج بنفس التكلفة الإجمالية. وقد استخدمت فى ذلك أساليب تقليدية أو كلاسيكية (Classical Techniques) لمعالجة مشكلات الإدارة الوسطى (Middle Management)، أى على المستوى الميكرو (Micro-Level Problems) . ونسرد مجموعة من هذه الأساليب على سبيل المثال وليس الحصر، وهى على النحو التالى :

- هندسة الموقع ( Plant Location).
- تخطيط المصانع (Plant Layout).
- هندسة المنتج (Product Engineering).
- هندسة التصنيع (Manufacturing Engineering).
- تقويم الوظائف (Job Evaluation).
- نظم الأجور والحوافز (Wage & Incentive Systems).
- دراسة وقياس العمل (Work Study & Measurement).

- اقتصاد هندسى (Engineering Economy).
- مراقبة العمليات (Process Control).
- مراقبة الإنتاج (Production Control).
- مراقبة الجودة (Quality Control).
- مراقبة المخزون (Inventory Control).
- تكنولوجيا التغليف (Packaging Technology).
- مناولة المواد (Materials Handling).
- نظم تكلفة صناعية (Industrial Costing Systems).
- علاقات صناعية (Industrial Relations).
- هندسة التقويم (Value Engineering).

ونظرًا لتطبيق هذه الأساليب فى المصانع الإنتاجية خلال عصر الثورة الصناعية، فقد عرفت بالهندسة الصناعية، وأنشئ فى الولايات المتحدة الأمريكية المعهد الأمريكى للمهندسين الصناعيين (The American Institute for Industrial Engineers) خلال الأربعينيات. وبمرور الوقت توسعت التطبيقات وشملت المؤسسات الخدمية أيضًا.

وقد أدى كبر حجم المؤسسات الإنتاجية، وتعقد نشاطاتها، وتطور تكنولوچياتها، إلى ابتكار عدّة أساليب حديثة (Modern Techniques) لمعالجة مشكلات الإدارة العليا (Top Management)، أى على المستوى المكرو (Macro-Level Problems)، مثل مشكلات الاستثمار المالى، والتسويق السلعى، والقدرات التنافسية، فساهمت العلوم الرياضية والطبيعية والإنسانية فى ابتكار أساليب كمية وكيفية مثل هندسة المنظومات المتكاملة، ومنهجية الهندسة الإدارية، ومنهجية الإدارة العلمية، ومنهجية النمذجة الرياضية. وقد أدى تطور قدرات الحاسبات والاتصالات دوراً رئيسيًا ومهمًا فى تطور وانتشار دراسات هندسة الإدارة، كما أصبحت تكنولوچيا المعلومات لها دور حاسم فى إدارة المنظومات الإنتاجية.

وقد جرت محاولات عديدة خلال السنوات الماضية لتغيير اسم الهندسة الصناعية (Industrial Engineering) إلى الهندسة الإدارية (Management Engineering) ما دامت الأساليب المبتكرة والمطورة تطبق فى جميع مجالات

المنظومات التصنيعية أمثال المصانع والمعامل والورش، والمنظومات الخدمية أمثال المستشفيات والمدارس والبنوك. ولكن هذه المحاولات باءت بالفشل بحجة أن اسم " الهندسة الصناعية " أصبح مشهوراً، ولا داعى لتغييره.

ومما هو جدير بالذكر، أن المهندس الصناعى له شخصية مميزة عن باقى المهندسين ذوى التخصصات الأخرى. فالمهندس الميكانيكى يقوم بتصميم وتطوير وتشغيل المعدات والمحركات الميكانيكية، والمهندس الكهربائى يقوم بتصميم وتطوير وتشغيل الآلات والمحطات الكهربية، والمهندس المدنى يقوم بتصميم وتنفيذ المبانى والكبارى الإنشائية. أما المهندس الصناعى فهو يقوم بتصميم أو تحسين وتنفيذ منظومات إنتاجية متكاملة، سواء كانت تصنيعية أو خدمية، من مواد ومعدات وعمالة وغيرها؛ كما يقوم بالتحليل الهندسى لتوصيف وتنبؤ وتقويم النتائج التى يمكن الحصول عليها من هذه المنظومات. ففى حين أن المهندسين غير الصناعيين يتعاملون مع العناصر المادية، فإن المهندس الصناعى يتعامل مع مختلف المدخلات من عناصر مادية وبشرية ذات مقومات مناسبة، محاولاً تصميم توليفة من هذه المدخلات، بحيث تكون مفيدة فنيّا، وملائمة ماديًا، ومتوافقة إنسانيًا، وذلك للحصول على مخرجات معينة ذات قيم مضافة عالية .

وفى محاضراتى، فإنى أشبه المهندس الصناعى بربة البيت. فإذا فرضنا أن زوجًا لامرأتين ــ "معاذ الله تعالى" ــ يراعى الشريعة ويعدل بينهما فى المسكن والملبس والمأكل وغيرها!! ثم طلب يومًا من كل منهما تحضير عشاء فاخر مكون من أصناف معينة يُقَدَّم لعدد محدود من الضيوف فى وقت معين. وذهب إلى السوق ليشترى جميع المقومات أو المدخلات المطلوبة من لحوم وطيور وخضراوات وأرز ومكرونة وبصل وثوم وصلصة وملح وفلفل وبهارات وغيرها بنفس النوعية والكمية والجودة. ستتعامل كل سيدة مع هذه المدخلات المتشابهة فى مطبخ مشابه وبنفس الأجهزة، وذلك لإجراء عمليات تحويل المدخلات إلى مخرجات، أى طبخ الطعام لإخراج الأصناف المطلوبة. ولما كانت كل سيدة بكل خبرتها وذوقها وحماستها وحبها لهؤلاء الضيوف هى أحد هذه المدخلات التى تؤثر على عمليات التحويل، فنحن نتوقع أن المخرجات، أى الطعام المقدم من السيدتين سيختلف فى الطعم والنكهة والشكل حسب خبرة وذوق

كل سيدة، لأن " نَفَس الست " !! هو العامل الإنسانى الذى يتعامل معه المهندس الصناعى مع بقية المدخلات فى هذه المنظومة النسائية.

ومن السهولة التعرف على مجريات الأحداث التى أدت إلى ظهور تطبيقات أساليب هندسة الإدارة، إذ يمكن اقتفاء أثر بعض الرواد الذين أثروا نظريات وأساليب عمليات تنظيم وتحليل منظومات المؤسسات الإنتاجية وبخاصة التصنيعية، وذلك على النحو التالى:

- فى عام 1776 قام Adam Smith بأول تحليل للمنظومات الإنتاجية. فقد توصل إلى تجزئة العمل لتنمية مهارة العامل عندما تتكرر عملية منفردة، وكذا توفير الوقت الذى يُفقَد عادة عند تغيير نشاط ما إلى نشاط آخر، بحيث يتم تخصيص مجهودات العمال فى عمليات مجزأة محدودة. وقد تبعه كثيرون من العلماء والباحثين فى تكملة الدراسات عن تجزئة العمل على وحدات إنتاج السلع، وخطوط تجميع المنتجات.

- فى عام 1832 نادى Charles Babbage بتخصص العمال حتى أصبح أسلوبا قويا فى الصناعة، كما تنبأ بكثير من أساليب هندسة الإدارة الحديثة. وقد ألف كتابا تحت عنوان " اقتصاديات الماكينات والصناعة "، وضع فيه فلسفته.

- فى عام 1890 أرسى Freedrick Taylor ـ الأب الروحى لبحوث تنمية المنظومات الإنتاجية ـ قواعد تطبيق الأسلوب الهندسى فى جميع مشكلات ووظائف الإدارة. وقد ركز فلسفته على أربع واجبات إدارية هى: خلق علم لكل عنصر من عناصر العمل ليحل محل الطرق التقليدية؛ وتطبيق العلم فى اختيار وتدريب وتنمية العمال بدلا من ترك العامل يختار الأعمال التى يقوم بها ويدرب نفسه عليها بقدر الإمكان؛ وخلق روح جديدة للتعاون بين الإدارة والعامل للتأكد من تنفيذ العمل طبقا للإجراءات العلمية ؛ وتوزيع العمل بين الإدارة والعمال، بحيث تقوم كل مجموعة بالعمل المؤهل لها، بدلا من وقوع مسئولية العمل على العامل فقط. وقد أدت هذه الأسس العلمية إلى تفكير جديد فى صياغة المنظومات الإنتاجية، وتحليل مدخلاتها وعمليات تحويلها ومخرجاتها.

- فى عام 1910 قام Frank & Lıllıan Gılbreth بدراسة فلسفة الإدارة العلمية والعلاقات الصناعية بين العمال والإدارة، حيث قدم فرانك وزوجته ليليان

أحسن وأبسط طريقة لأداء العمل، بعد ملاحظة عمـال البنـاء فـي بنـاء حـائط بالطوب، مما أدى إلى زيادة حجم البناء ثلاث مرات، فقامـا بدراسـة اقتصاديـات الحركة بهدف تقليل الحركات، وبالتالى زيادة حجم الإنتاج فى نفس الفترة، وأوصيـا بخطة ذات ثلاث مواقع للترقية، وقدما ورقة بحثية قيمة عـن مشـكلات الأفـراد والتوظف فى الإدارة الصناعية.

- فى عام 1913 قام Carl Barth بدراسة وقياس العمـل، وصمـم عـدة مساطر حاسبة لاستخدامها فى حسابات التصنيع بالورش بأسلوب سهل.

- فى عام 1913 صمم Henry Gantt خريطة تساعد فى تحميـل وجدولـة الأعمال على الماكينات، وقد اشتهرت خريطة " جانت " هذه فى مراقبة الإنتـاج لجدولة المنظومات الإنتاجية.

- فى عام 1913 قام Henry Ford بتصميم خطوط إنتاجية متوازنة لتجميـع مكونات السيارات.

- فى عام 1913 كان Harrington Emerson أول باحث قـام بتصميـم وتطوير نظام تكلفة معيارية، واستخدام هذا النظام فى حسـاب تكلفـة العمليـات التشغيلية والتشكيلية، مركزا على تحسين كفاءة العمليات فى المنظومات الإنتاجية.

فنحن مدينون لكل هؤلاء العلماء التطبيقيين والمهندسين التنفيذيين، لأنهم سـاهموا فى عمليات دراسة وتحليل وتوقيت العمل، وأرسوا قواعد تطبيق الأسلوب الهندسـى فى جميع مشكلات ووظائف الإدارة، مما أدى إلى خفض محسوس فى تكلفة الإنتـاج، وتحسين ملحوظ فى مستوى جودة المنتجات.

## منهجية علمية الإدارة:

هناك فرق شاسـع بيـن الإدارة التقليديـة (Traditional Management)، والإدارة العلمية (Scientific Management)، إذ إن الإدارة التقليدية ما هـى إلا فكر إنسانى يعتمد على تركيز الإدارة على العلاقات الإنسانية والسلوك التنظيمـى لقيادة مختلف أنشطة المؤسسة، كما يعتمد صنع القرار على الحدس الشـخصى، والتخمين الفردى. أما الإدارة العلمية فما هى إلا فكر منظومى يعتمد على تركـيز الإدارة على طبيعة أنشطة المنظومة المتكاملة، وتحديد العلاقـة والتعـاون بيـن

مكوناتها، وفى ذلك تستخدم قواعد البيانات والمعلومات، وأساليب الرياضيات والإحصاء لصنع القرار. وهذا لا يعنى بالضرورة الابتعاد عن الأحاسيس الداخلية والحدس الشخصى لصانع القرار.

والمؤسسات الإنتاجية تواجه تحديات ومتغيرات عصر التطور التكنولوجى السريع فى الاتصالات والحاسبات والمعلومات التى أصبح لها دور حاسم فى الإدارة. لذلك فهى تتطلب برنامجًا طموحًا شاملاً عـدَّة عناصر أهمها ما هو على النحو التالى:

- استيعاب التكنولوچيا المناسبة، وتطويرها على مستوى المؤسسة، حتى يمكن مواجهة التحديات والمتغيرات.
- تنمية القوى البشرية لتصبح ذات معرفة علمية، وخبرة عملية تتوافق مع المتغيرات المستقبلية.
- تطبيق منهج علمى لتخفيض عناصر تكلفة التشغيل والإدارة، مع ضمان جودة السلعة المنتجة أو الخدمة المقدمة بالسعر المناسب للمستهلك.
- وضع إستراتيچية تسويقية علمية تضمن متطلبات وأذواق المستهلكين بمواصفات وجودة وسعر منافس.

ومسئولية الإدارة فى مواجهة التحديات والمتغيرات تتمثل فى وظائفها ومهامها الرئيسية التى من أهمها ما هو على النحو التالى:

- وظيفة التخطيط وهى تتعلق بتحقيق الأهداف والسياسات والبرامج.
- وظيفة التنظيم وهى تتعلق بتحديد الاختصاصات والاتصالات لتحقيق الأهداف.
- وظيفة التحليل وهى تتعلق بتقويم العمليات المساعدة المتداخلة .
- وظيفة المراقبة وهى تتعلق بتحقيق الأهداف بكفاءة وفعالية على المستوى الكلى والجزئى، وبها تكمل دورة العملية الإدارية كمنظومة تعتمد على المعلومات المرتدة الدقيقة.

ولكى تستطيع الإدارة القيام بوظائفها ومهامها، وتتصرف التصرف الإدارى الملائم وفى الوقت المناسب إزاء المتغيرات، سواء كان فى المدخلات أو التحويلات أو المخرجات، والتى تحكمها ظروف البيئة المحيطة داخليًا وخارجيًا، فإنه من الضرورى التسلح بالعلوم والفنون الإدارية، بالإضافة إلى المهارات الفنية، والإنسانية، والإدارية.

ومن العسير تحديد تاريخ بداية تطبيق أساليب الإدارة العلمية، وتحليل عناصر النظم الإنتاجية، واستخدام طرق المعالجة الرياضية. ولكنه يمكن اقتفاء أثر بعض الرواد الذين استخدموا الأساليب العلمية فى معالجة بعض المشكلات الواقعية، وذلك على النحو التالى:

- فى القرن السادس الميلادى، أى القرن الأول الهجرى، اخترق القائد خالد ابن الوليد صحراء الشام لمفاجأة الروم فى أقصر وقت ممكن، حيث كان الروم ينتظرونه متوقعين قدومه من الطريق المعتاد.
- فى القرن التاسع الميلادى، أى القرن الرابع الهجرى، قام العالم الخوارزمى بدور بارز فى وضع أسس منهج الرياضيات وتطويره، مما حدا بإطلاق مصطلح " الخوارزميات " على الأسلوب العلمى لمعالجة المشكلات.
- فى عام 1914 درس Lanchester مدى تفوق مقدرة الإنسان وفعالية السلاح الذى يملكه.
- فى عام 1915 قدم F.W. Harris أول نموذج رياضى لأمثل كمية اقتصادية.
- فى عام 1917 قدم Erlang تطبيقًا لنظرية صفوف الانتظار فى منظومات التليفونات.
- فى عام 1920 درس Edison مناورات السفن خلال الحرب العالمية الأولى.
- فى عام 1930 كان Walter Shewhart أول باحث يستخدم الإحصاء الرياضى فى مراقبة الجودة.
- فى عام 1933 درس Elton Mago إمكانية تطبيق العوامل السلوكية فى الإدارة.
- فى عام 1935 استخدم L.H.C. Tippett العينات العشوائية فى مراقبة الجودة.
- فى عام 1946 قام Morse & Kimball بدراسة البيئة، والظروف المحيطة، والعلاقات التى تقوم مع مستخدمى النتائج التى يستخلصها.
- فى عام 1947 قدم G. Dantizg نموذجًا رياضيًا يعرف بالبرمجة الخطية للتوزيع الأمثل للموارد على مختلف الأنشطة، والذى طبق فى كثير من المؤسسات الإنتاجية، وخاصة شركات البترول.
- فى عام 1954 درس Edie معدلات التباطؤ والتأخر أثناء دفع رسوم المرور على بعض الطرق السريعة.

● فى عام 1968 قدم Brien & Crane دراسة عن تشغيل صنـــادل النقـل النهرى، وجدولة خطوطها.

فنحن مدينون لكل هؤلاء العلماء البـاحثين والمهندسـين التطبيقيين، لأنـهم ساهموا فى عمليات إدارة مختلف المنظومات الإنتاجية من تصنيعيــة وخدميـة. وعلى ما يبدو، فلا حدود لنطبيقات علميـة الإدارة إلا حـدود قـدرات الإنسـان المستخدم لها. ونظرًا لتباين مجالات تطبيق الإدارة العلمية، فإنه يمكن النظر إليها من زوايا عدَّة تختلف مع اختلاف منظور البـاحث أو المطَـور أو المخطـط أو المستخدم. ومن الوسائل التى تساعد على إنجاح إدارة المؤسسات الإنتاجيـة هـو استخدام الحاسبات فى معالجة البيانات لسحق الأرقـام مثـل قوائـم المرتبـات وحسابات العمــلاء (Accounting & Salary Systems, ASS) ؛ ومعالجـة المعلومات لاستخراج المؤشـرات الإحصائيـة مثـل نظـم معلومـات الإدارة (Management Information Systems, MIS) ؛ ومعالجة المعارف لتتعـامل مع الخبرات مثل النظم الخبيرة لتشخيص المشكلات وقراءة الخرائط والمخططات (Expert Knowledge Systems, EKS).

وبحدوث ثورة هائلة فى تكنولوجيا المعلومات، نتيجـة التقـدم المذهـل فـى تكنولوجيا الحاسبات والاتصالات والبرمجيات، فقد تغيرت وسائل الإنتـاج مـن "ماكينات ومعدات" إلى "أفكار وبرامج"، ومن "هياكل معدنية" إلى "نظم معرفيـة"، ومن " آلات إنتاج" إلى "آلات استنتاج". وأصبحت هذه التكنولوجيا مـن وسـائل الإنتاج التى تعالج البيانات والمعلومات والمعارف كمدخـلات ذات قيـم قليلـة، لتحويلها إلى منتجات نهائية من سلع وخدمات معلوماتيـة كمخرجـات ذات قيـم مضافة، أو مواد وسيطة ليتناولها خبراء، أو تستهلكها نظـم معلومـات أخـرى لتعزيزها بمزيد من القيم المضافة. ويختلف النظر إلى المعلومات مـع اختـلاف منظور من يتعامل معها، فهى بالنسبة للإدارة العلمية الحديثة تُعَدّ أداة لدعم صنـع القرار.

## الفصل الثانى: إنجازات بحوث العمليات

بحوث العمليات ما هى إلا عملية ذات طبيعة تحليلية يتم من خلالها التوصل إلى فهم ظواهر التغير فى منظومات التشغيل، بغية تحسين أداء هذه المنظومات، ودعم عملية صنع القرار. وبحوث العمليات تعنى استخدام المنهج العلمى لفهم وشرح ظواهر التغير فى منظومات التشغيل، وذلك بتسجيل ظواهر هذه المنظومات، وتطوير نماذج هذه الظواهر، وتطويع بعض النظريات لتقدير ما يحدث تحت ظروف متغيرة، ثم التحقق من دقة هذه التقديرات بمقارنتها بشواهد وقراءات وملاحظات ميدانية جديدة. وتستمر هذه العملية بهدف إيجاد وسائل تحسين كفاءة العمليات الجارية والمستقبلية.

وبالرغم من أن هناك إنجازات ضخمة فى مجالات التطورات النظرية والتطبيقات العملية لبحوث العمليات، إلا أن هناك أيضًا نقدًا واضحًا لتقصير بعض باحثى العمليات فى الاهتمام بالتطبيقات والآثار الناتجة من هذه التطبيقات، ومحاولة بعضهم وضع المشكلات الواقعية فى قالب نماذج رياضية نمطية لا تتناسب بالضرورة مع احتياجات معالجة هذه المشكلات. وبالرغم من أن الرياضيات وسيلة أنيقة لاختزال تعقد المشكلات، إلا أن لها حدوداً لوجود كثير من المشكلات التى لم تخضع للتوصيف الرياضى.

وقد شجع تطور قدرات الحاسبات باحثى العمليات على التمثيل الدقيق للمشكلات الواقعية، حتى لو نتج عن هذا نماذج رياضية معقدة. كما تصور باحثو العمليات أن القدرة الحسابية الفائقة نتيجة السرعة الهائلة، ووسائل التخزين ذات السعة الكبيرة للحاسبات، ستساعد على حل كثير من هذه النماذج الرياضية المعقدة، اعتقاداً منهم بأن الحاسب بسرعته الهائلة وسعته الفائقة، قادر على توليد جميع البدائل الممكنة (Exhaustive Enumeration) لحل مشكلة ما، وإجراء المقارنة بين هذه البدائل وفقًا لمعايير محددة، واختيار أمثل البدائل للوصول إلى حل للمشكلة رهن الدراسة. ولكن للأسف، ينمو عدد هذه البدائل بمعدل متزايد للغاية يصعب تصورها. وكلما زاد حجم المشكلات وكبر تعقد النماذج، زاد عدد البدائل المحتملة، والتى عادة ما تتضخم بمعدل أُسِّىٍّ، وهى تعرف بانفجار الترابطات (Combinatorial Explosion)، مما يتطلب اللجوء

إلى حساب التباديل والتوافيق، أو طرق الاحتمالات والإحصاء، أو أساليب النمذجة الرياضية كنماذج البرمجة الخطية (Linear Programming Models)، ونماذج الشبكات الخطية (Network Analysis Models).

ومن السهولة التعرف بدقة على مجريات الأحداث التى أدت إلى ظهور بحوث العمليات، حيث إن تطور هذا التخصص موثق توثيقًا جيدًا، لقرب العهد ببدايته ونشأته فى المجال العسكرى. لذلك فإنه يمكن تسلسل الأحداث التى أدت إلى نشأة بحوث العمليات، وتطور تطبيقاتها العملية قبل وأثناء الحرب العالمية الثانية فى كل من بريطانيا وأمريكا، ثم انتشارها فيما بعد لتغطى العديد من المجالات المدنية. وسنتناول الأحداث الخاصة بنشأة بحوث العمليات قبل الحرب العالمية الثانية، ومساهمة بحوث العمليات خلال الحرب العالمية الثانية، وممارسة بحوث العمليات بعد الحرب العالمية الثانية، وهى على النحو التالى:

**نشأة بحوث العمليات.** نتناول الأحداث ذات الأهمية فى نشأة بحوث العمليات قبل الحرب العالمية الثانية، أى خلال السنوات (1933 1939)، منذ تولى Adolf Hitler مقاليد الحكم وحتى انفجار الموقف وبدء الحرب العالمية الثانية. ونسرد هذه الأحداث كما يرويها أحد العلماء الذين شاركوا فى هذه الدراسات، إذ قدم Harold Larnder (1984) باختصار أنشطة بحوث العمليات قبل وخلال السنوات الأولى للحرب، عندما ساهمت دراسات بحوث العمليات فى الانتصار فى معركة بريطانيا. وسنتناول الأحداث فى الأعوام ما قبل نشوب الحرب، وهى على النحو التالى:

- فى عام 1933، لم تكن ألمانيا تمتلك حينئذ القوة الجوية لمهاجمة بريطانيا، كما لم يكن لدى بريطانيا دفاع ضد هجمات ألمانيا الجوية، وخاصة أن الجزر البريطانية تبعد حوالى 125 كيلومترا من الساحل الألمانى، أى مجرد 17 دقيقة طيران فى ذلك الوقت.
- فى عام 1934، انصرف الألمان إلى بناء قوتهم الجوية، بينما عجزت بريطانيا عن إيجاد حل لمشكلتهم الأساسية للإنذار المبكر. فكون سلاح الجو البريطانى لجنة برئاسة Henry Tizard لمراجعة الوسائل العلمية للدفاع الجوى ضد الطائرات المعادية. وقد اتجهت اللجنة نحو البحث فى إمكانية تطوير شعاع الموت لاستخدامه فى شل قدرة الطيار.

• فى عام 1935، دعى Robert Watson Watt للقيام بدراسة لتطوير وسيلة بالراديو لتحديد موقع الطائرة المعادية، وبدأت التجارب التى بها أمكن التوصل إلى مدى يصل حتى 68 كيلومترا لطائرات معلومة الموقع.

• فى عام 1936، أنشأت وزارة الطيران البريطانية محطة للأبحاث تضم مركزًا لجميع تجارب الرادار، وتم تحسين قدرات أجهزة الرادار، حتى أمكن كشف الطائرات على بعد حوالى 180 كيلومترًا.

• فى عام 1937، أقيمت تدريبات على الدفاع الجوى قبل الحرب، وقد توصل الباحثون إلى نتائج مرضية فيما يتعلق بالإنذار المبكر، ولكن لوحظ قصور فى معلومات المتابعة الناتجة من الرادار.

• فى عام 1938، تبينت الجدوى الفنية لاستخدام نظم الرادار فى الكشف عن الطائرات المعادية، إلا أن قدراته التشغيلية عجزت عن الإيفاء بمتطلبات الدفاع الجوى. فتوجهت البحوث فوراً نحو الاعتبارات التشغيلية بدلاً من العوامل التقنية للنظام، وخرج الاصطلاح " بحوث العمليات " أى (Operational Research) إلى حيز الوجود. وتشكل فريق من بين علماء الرادار تحت قيادة E.G. Williams، وفريق آخر تحت قيادة G.A. Roberts . وفى صيف نفس العام، أجريت مناورات الدفاع الجوى، وأثبتت نجاح طرق تشغيل نظام المراقبة والإنذار للدفاع الجوى. ومما هو جدير بالذكر، أنه طُلب من رئيس وزراء بريطانيا آنذاك، والذى كان سيقابل هتلر فى ميونخ، أن يبذل أقصى ما فى وسعه لتفادى الحرب مع ألمانيا فى ذلك العام.

• فى عام 1939، قامت بريطانيا بإجراء آخر مناورات الدفاع الجوى قبل اندلاع الحرب. وقد أثبتت هذه المناورات نجاح طرق تشغيل نظام المراقبة والإنذار للدفاع الجوى. وطلب مارشال الجو Hugh Dowding قائد قيادة المقاتلات التحاق أعضاء الفريقين بمقر قيادته تحت مظلة إدارة جديدة، سميت فيما بعد " قسم بحوث العمليات ".

**مساهمة بحوث العمليات.** نتناول الأحداث ذات الأهمية فى مساهمة بحوث العمليات خلال الحرب العالمية الثانية، أى خلال السنوات (1939-1945)، وهى منذ بداية قيام الحرب العالمية الثانية وحتى نهايتها بانتصار الحلفاء على المحور. وقد أشار تقرير وزارة الجو البريطانية الذى صدر بعد عشرين عامًا من انتهاء الحرب إلى: " أن الكفاءة العالية لمحطات الرادار التى تم التوصل إليها فى وقت

معركة بريطانيا ترجع إلى حد كبير إلى قيام إدارة بحوث العمليات بتحليل كل حالة من حالات الفشل فى اعتراض الغارات النهارية تقريبًا". وسنتناول الأحداث خلال سنوات الحرب العالمية الثانية، وهى على النحو التالى:

- فى عام 1939، تركزت هجمات الألمان الجوية ضد بريطانيا ابتداء من خريف هذا العام وشتاء وربيع العام الذى يليه فى اختراقات قصيرة فوق الساحل الشرقى بواسطة تشكيلات صغيرة لضرب السفن الخفيفة، وزرع الألغام البحرية من الجو. وقد اتسعت دراسات الإدارة لتشمل تغذية نظام المراقبة والإنذار بالمعلومات لاستنفار وتجهيز الطائرات المقاتلة الدفاعية.
- فى عام 1940، صعَّد الألمان من هجماتهم ضد فرنسا، مما استدعى طلب فرنسا الاستعانة بأسراب المقاتلات البريطانية، وكان تشرشل يميل إلى ذلك، ولكن الدراسة التى أجرتها إدارة بحوث العمليات حذَّرت من ذلك، وتمكَّن المارشال Hugh Dowding من إقناع مجلس وزراء الحرب بالتوصية بعدم الاستجابة إلى طلب فرنسا، لأنها قد تقضى على القوة الجوية البريطانية. وكان هذا العام نقطة تحول مهمة فى تطبيق بحوث العمليات فى الحرب، إذ طُلبَ من إدارة بحوث العمليات القيام باستشراف نتائج عمليات مستقبلية وأثرها على السياسات المختارة.
- فى عام 1941، تم الاعتراف رسميًا باصطلاح " بحوث العمليات" وأنشئت عدَّة أقسام مماثلة فى باقى قيادات سلاح الجو الملكى. ولقد نوَّه المارشال Hugh Dowding بأهمية بحوث العلميات بقوله: " إن هذه الحرب سيتم كسبها بالتطبيق المنطقى للعلم على احتياجات العمليات". فقد ساهمت بحوث العمليات بإنجازين رئيسيين ومهمين نحو النصر فى هذه المعركة، هما: الاستخدام الأمثل لنظام الإنذار والمراقبة للتصدى للطائرات الألمانية المهاجمة؛ والقرار الخاص بإيقاف إرسال أسراب المقاتلات البريطانية إلى فرنسا.

أما فى أمريكا، فقد بدأ فى هذا العام تشكيل مجموعة بحوث العمليات برئاسة العالم الأمريكى Philip Morse الذى كان يعمل أستاذا فى معهد ماساشوتس للتكنولوجيا (MIT)، وقامت بدراسة للتعرف على الضوضاء الناتجة عن السفن تحت المياه لاستخدامها فى تصميم جهاز يخرج نفس الضوضاء، يمكن سحبه

ليؤدى إلى انفجار الألغام الصوتية دون حدوث أضرار للسفينة، وقد تـــم إنجـــاز المشروع بنجاح.

- فى عام 1942، أراد Philip Morse القيام بالدراســات المتعلقة بالقرارات التشغيلية (Operational Decisions)، فتم تكوين فريق عمل من أساتذة الجامعات للمساعدة فى تحليل الدفاعات المضادة للغواصات. وقد أدت هذه الدراسات إلـــى زيادة عدد غواصات العدو المصابة، وزيادة عدد الغواصـــات الغارقـــة بحوالـــى خمسة أضعاف، فانتشرت سمعة فريق العمـــل هـــذا عـــن إنجازاتـــه وقدراتـــه. وتطورت مجموعة بحوث العمليات فى وحدة الحرب المضادة للغواصات لتصبـــح وحدة بحوث العمليات بالبحرية الأمريكية بكاملها.
- فى عام 1943، دعى عدد كبير من العلماء المدنيين وأســـاتذة الجامعـــات الأمريكية لتطبيق الأساليب العلمية فى معالجة المشكلات التى تنجم فـــى مســـرح المعارك الحربية. كما استخدمت فى إيجاد أمثل توزيع للموارد النادرة فى ذلـــك الوقت على مختلف الأنشطة العسكرية إلى أن انتهت الحرب العالمية الثانية.

وقد قُدِّر عدد العلماء العاملين فى بحوث العمليات أثناء الحرب بحوالـــى 700 باحث فى بريطانيا وأمريكا وكندا. واشتمل نشاطهم على كثـــير مـــن دراســـات التخطيط الإستراتيجى، وتقويم النتائج التكتيكية، وتحليل نظم التشغيل. وقد انطوى الكثير من دراسات بحوث العمليات أثناء الحرب على تطويع طرق ومنـــهجيات بعض العلوم الأخرى، ثم تطويرها مباشرة لمعالجة مشكلات تشغيلية.

**ممارسة بحوث العمليات.** نتناول الأحداث ذات الأهمية فى ممارسة بحـــوث العمليات بعد الحرب العالمية الثانية، أى خلال السنوات (1945-1975). وعلـــى الرغم من أن بحوث العمليات بدأت ــ كما أسلفنا ــ فى المجال العسكرى، فـــإن مركز الثقل لاهتمامات باحثى العمليات انتقل بوضوح إلى المجالات المدنية فـــى مختلف الهيئات والمؤسسات والشركات. واتضح النمو المطرد فى مجموعـــات الأخصائيين المهتمين بالعلوم الإدارية، وهو تخصص ــ فى رأيى ــ أعـــم مـــن بحوث العمليات.

فمع نهاية الحرب العالمية الثانية، كان العلمـــاء فـــى عجلـــة للرجـــوع إلـــى مؤسساتهم وجامعاتهم، وبدأ هؤلاء العلماء فى استنباط عدة نظريـــات رياضيـــة، وتطوير عدة أساليب كمية لمعالجة المشكلات فى المؤسسات والشركات المدنيـــة.

وشهدت الدول الصناعية المتقدمة مجهودات مكثفة فى نمو تطبيقات بحوث العمليات غير العسكرية، وتوسع فى تحليل المنظومات الإنتاجية. وقد أجمع الممارسون والمهنيون فى هذا المجال على أن بحوث العمليات هو علم مستقل يتناول تطبيق المنهج العلمى لفهم وتفسير ظواهر التغير الذى قد يطرأ فى منظومات التشغيل، الأمر الذى يبرر ظهور جمعياتها المهنية ودورياتها العلمية فى مختلف الأقطار والدول، ومناهجها الأكاديمية ودرجاتها العلمية فى مختلف الجامعات والمعاهد، وبرامجها التدريبية وأقسامها التخصصية فى مختلف المؤسسات والشركات. وسنتناول مختلف النشاطات والأحداث بعد الحرب العالمية الثانية فى مجال بحوث العمليات على النحو التالى:

- فى عام 1946، قام فيليب مورس الأمريكى بإنشاء لجنة لبحوث العمليات، بعد عودته إلى معهد ماساشوتس للتكنولوچيا (MIT)، ثم تطورت هذه اللجنه لتصبح مركز بحوث العمليات فى ذلك المعهد، وظلت تحت رئاسته أكثر من عشرين عامًا. كما نظم وشارك فى تقديم العديد من الدورات الصيفية القصيرة فى بحوث العمليات.
- فى عام 1949، أنشأ مجلس البحوث القومى البريطانى لجنة لبحوث العمليات، بغرض تعزيز الاهتمام ببحوث العمليات غير العسكرية، وأصدرت اللجنة منشوراً بعنوان " بحوث العمليات مع إشادة خاصة إلى التطبيقات غير العسكرية ".
- فى عام 1950، اتفق مجموعة من العلماء الذين شاركوا فى التطور الناجح لبحوث العمليات ببريطانيا أثناء الحرب العالمية الثانية على تكوين نادى بحوث علمية بهدف تقديم إطار مستمر لتبادل الخبرات، ومناقشة استخدامات بحوث العمليات فى كثير من الصناعات والخدمات. وأصدر هذا النادى دورية بحوث العمليات ربع السنوية (Operational Research Quarterly) وظهر أول أعدادها فى شهر مارس من نفس العام.
- فى عام 1951، أصر فيليب مورس على أن تتم مرحلة انتقال العلماء إلى جامعاتهم وهيئاتهم بصورة منتظمة، وذلك بحصر جميع الإنجازات التى تمت أثناء الحرب وتسجيلها فى تقارير علمية وتقويم عمليات البحرية الأمريكية التشغيلية.
- فى عام 1952، تكونت جمعية بحوث العمليات الأمريكية (Operations

Research Society of America, ORSA) برئاسة فيليب مورس، وعلى الرغم من أن هذه الجمعية أمريكية، إلا أنها تحوى أعضاء من أكثر من 70 دولة. وعقد المؤتمر الأول لبحوث العمليات، وصدر العدد الأول من دورية بحوث العمليات فى شهر نوفمبر من نفس العام.

- فى عام 1953، أنشئ معهد العلوم الإدارية كجمعية دولية (The Institute of Management Science, TIMS)، إلا أن معظم أعضائها من الولايات المتحدة الأمريكية، وأصدرت دورية الإدارة العلمية، وخرج العدد الأول فى شهر سبتمبر من العام التالى.
- فى عام 1954، تحول نادى البحوث العلمية البريطانى إلى جمعية بحوث العمليات (Operational Research Society of Britain, OR) لينضم إليها العاملين فى بحوث العمليات.
- فى عام 1955، قام فيليب مورس بمسح شامل لأوضاع بحوث العمليات ووجه الأنظار إلى ضرورة زيادة الاهتمام بالنظريات الأساسية والتجارب التشغيلية، بالإضافة إلى تدريب عاملين جدد فى حقل بحوث العمليات. وهكذا ازدادت الدراسات النظرية بصورة ملحوظة خلال العقود الماضية، ولكن هناك تشتتًا واضحًا فى التطبيقات الخاصة بمنظومات التشغيل
- فى عام 1956، صدرت دورية علمية فرنسية، ثم تبعتها دورية علمية ألمانية، وظهرت معظم الدوريات العلمية فى مختلف الدول خلال السنوات العشر التالية.
- فى عام 1957، بدئ فى تنظيم وتقديم دورات تدريبية قصيرة فى كثير من الدول المتقدمة، تبعتها برامج تعليمية ومناهج دراسية فى عدة جامعات بالولايات المتحدة الأمريكية وبعض الدول الأخرى.
- فى عام 1959، تكون الاتحاد الدولى لجميعات بحوت العمليات (International Federation of Operational Research Societies, IFORS) فى يناير من نفس العام، من الجمعيات البريطانية والأمريكية والفرنسية، وأصبحت تضم ما يزيد على 45,000 عضو. ومنذ ذلك العام حتى يومنا هذا، أنشئت أكثر من 20 جمعية قطرية لبحوث العمليات.
- فى عام 1960، تأسست دورية علمية دولية تضم ملخصات مقالات بحوت العمليات المنشورة فى مختلف الدوريات العلمية من جميع أنحاء العالم

تسمى الملخصات الدولية لبحوث العمليات (International Abstracts in Operations Research, IAOR).

- فى عام 1972، أجرى مسح شامل عن استخدام وسائل بحوث العمليات فى 107 من أكبر الشركات الصناعية بأمريكا، فوجد أن البرمجة الخطية، ونظم المحاكاة، والتحليل الإحصائى تمثل أكثر وسائل بحوث العمليات شيوعا.
- فى عام 1973، وصل عدد المناهج الدراسية التى تقدم فى الجامعات الأمريكية إلى أكثر من 53 برنامجا فى بحوث العمليات، بالإضافة إلى أن دولا كثيرة أظهرت نموا مشابها فى تقديم برامج دراسية فى مجال بحوث العمليات.
- فى عام 1975، أجرى مسح آخر على 167 من أكبر الشركات الصناعية الأمريكية، فوجد أن هذه الشركات استخدمت 7 من أساليب بحوث العمليات، وتوصلت إلى أن الأكثر تطبيقا هو البرمجة الرياضية، ونظم المحاكاة، والطرق الإحصائية، كما ظهر فى المسح السابق.

وانتشرت الأبحاث فى بحوث العمليات بتطبيق ما تم استنباطه خلال الحرب العالمية الثانية لمعالجة المشكلات العسكرية على مختلف الأنشطة المدنية، واستنباط أساليب علمية أخرى، وتحديد البدائل الممكنة لمعالجة المشكلات الناجمة عن إدارة هذه المنظومات وتقديم الحلول المناسبة. وقد تركت بحوث العمليات بصمات واضحة على كفاءة إدارة العديد من الهيئات والمؤسسات. واستمرت تطبيقات بحوث العمليات فى النمو سواء فى تنوعها أو فى عددها. وباستثناء التقدم الهائل فى تكنولوچيا الحاسبات والاتصالات والمعلومات، فإن هذا النمو والتطور فى بحوث العمليات وتطبيقاتها لا يضاهيه أى تطورات حديثة أخرى.

وعلى الرغم من التطور المطرد فى بحوث العمليات دوليا، فإن العالم العربى لم يلحق بالركب إلا أخيرا، وذلك باستثناء بعض الدراسات الأولية بمعهد التخطيط القومى، ومعهد الإدارة العليا بجمهورية مصر العربية فى نهاية الخمسينيات، باستخدام نماذج البرمجة الرياضية فى التخطيط الاقتصادي والصناعي. وفى صيف عام 1972، دعت مؤسسة فورد الأمريكية ـ عن طريق الأستاذ الدكتور أحمد عبادة سرحان عميد معهد الدراسات والبحوث الإحصائية بجامعة القاهرة آنذاك ـ مجموعة صغيرة من العلماء الأمريكيين من أصل عربى ـ منهم الأساتذة الدكاترة صلاح الدين المغربى، وحمدى طه، وتوماس ساعاتى، والمؤلف

والمؤلف ـــ لتقديم علم بحوث العمليات لأول مرة فى مصر، وإلقاء سلسلة من المحاضرات العلمية، والقيام بكثير من الاستشارات لعديد من الصناعات المصرية فى بحوث العمليات، وعقدت جلسات قدح الذهن (Brain Storming Sessions) فى مؤسسة الأهرام بحضور هؤلاء الاستشاريين لمناقشة عدة مشكلات قومية ومحلية وتقديم الحلول الممكنة؛ وقد طلب من ذوى الأصل المصرى مقابلة كبار قادة القوات العسكرية المصرية للتعرف على مدى وإمكانية مساهمة بحوث العمليات فى الحرب مع إسرائيل، كما دعا الأستاذ محمد حسنين هيكل رئيس مجلس إدارة الأهرام آنذاك كلا من الأستاذ الدكتور توماس ساعاتى والمؤلف لإجراء تقويم شامل لحالة " اللاحرب واللاسلم"، فى جلسة مغلقة تضم سبعة سياسيين وإعلاميين مرموقين.

وقد أعطى نشاط هذه المجموعة دفعة قوية، وأثار اهتماما كبيرا ببحوث العمليات بمصر نتج عنه إنشاء أول جمعية مصرية لبحوث العمليات. وفى بداية السبعينيات أدخلت مبادئ بحوث العمليات فى بعض البرامج الدراسية بكليات الهندسة، وكليات التجارة، وكليات العلوم، ومعهد الدراسات والبحوث الإحصائية بالجامعات المصرية. وانتشرت دراسات بحوث العمليات فى العديد من الهيئات والمؤسسات والشركات المصرية، كما أن هناك العديد من الدراسات فى تطبيقات بحوث العمليات بالقوات المسلحة المصرية ظهر جدواها ونتائجها فى حرب أكتوبر عام 1973 المجيدة.

وبافتتاح العديد من أقسام الهندسة الصناعية بكليات الهندسة فى الدول العربية بما فى ذلك مصر، والسعودية، وليبيا، والأردن، والكويت، انتشرت برامج بحوث العمليات الدراسية فى الجامعات العربية. وقد تم الاستعانة ببحوث العمليات فى معالجة كثير من المشكلات فى شركات النفط بالدول العربية فى بداية الستينيات خاصة، وفى المجالات الاقتصادية والصناعية والزراعية والتجارية والمالية والخدمية فى كثير من البلاد العربية عامة.

# الفصل الثالث: إنجازات نمذجة المنظومات

نمذجة المنظومات ما هى إلا عملية ذات طبيعة تصميمية يتم من خلالها التوصل إلى نماذج رياضية تمثل منظومات التشغيل، بغية دراسة ظواهر التغير، والتنبؤ بسلوك هذه المنظومات، حتى يمكن إدارتها ومعالجتها. والنمذجة عامة هى تعبير صادق عن طبيعة وخصائص منظومات التشغيل، بنماذج وصفية أو لفظية أو بيانية أو رياضية. ويمثل تشكيل وتطوير النماذج أساس وجوهر الإدارة العلمية عامة، وبحوث العمليات خاصة. والمقصود بالنموذج هو تمثيل مبسط وتقريبى للواقع. والنماذج ـ التى هى قلب المنهج العلمى لمعالجة المشكلات ـ تصف كيفيًا أسس العوامل والمشاهدات التى تؤثر فى سلوك الواقع، وتصف كميًا العلاقات والقياسات التى تعبر عن متغيرات المنظومة. وتستخدم هذه المشاهدات والقياسات من الواقع لتكوين نموذج مبدئى، ثم تجرى عليه الاختبارات والتحليلات لمقارنته بسلوك الواقع الحقيقى، وبناء على ذلك، تجرى عليه بعض التعديلات الملائمة، ويتكرر ذلك حتى يتوافق النموذج النهائى مع الواقع.

وتستخدم النماذج فى وصف مجموعة من الأفكار، وتقويم نشاط معين، والتنبؤ بسلوك منظومة معينة حتى قبل بناء النموذج وتكوينه، وبذلك يمكن توفير الجهد والوقت والتكلفة. وكذا يساعد على الوصول إلى التصميم الأمثل بدون حاجة إلى بناء الواقع بحجمه الطبيعى، ويعمل على تجنب أسباب الفشل الباهظة التكاليف، ويؤدى إلى التوصل لطرق تحسين الأداء فى مختلف المنظومات. ويعتمد بناء منظومات تمثل نشاطات جديدة اعتماداً مباشرًا على قدرة الإنسان على التحكم فى بيئته، وعلى إمكانياته فى بناء أو إيجاد نماذج لأنماط أنشطة الحياة المختلفة التى تتميز بها تلك البيئة.

وبناء النموذج يُعَدّ وسيلة مهمة لرؤية الواقع. فمحاولة وصف واقع ما، هو إعداد نموذج لهذا الواقع، واستخدام الحواس لتجميع معلومات عن العالم الحسى له، حتى يتوصل إلى معرفة هذا الواقع، وتخير الملامح المهمة التى تكون النموذج الفعلى. ويحضرنى قصة قديمة عن محاولة وصف الفيل، فقد جاء فى كتاب " مدخل الهندسة " تأليف فريق من الأساتذة بالجامعات الأمريكية، وتعريب فريق من الأساتذة بجامعة الملك عبد العزيز بالمملكة العربية السعودية قصيدة

تحكى قصة نموذج الفيل مع رجال فاقدين نعمة البصر منذ ولادتهم. ويمكن سرد هذه القصةعلى النحو التالى:

" لقد كان ستة من هندوستان.. يحبون التعليم فى كل آن.. ورغم أنهم من العميان.. ذهبوا ليروا الفيل.. ويتحسسوه بالدليل.. فاقترب أولهم من الفيل.. ولمس جوانبه العراض الكبار.. فصاح مؤكدًا أن الفيل مثل الجدار.

وتحسس الثانى نابه.. وشكله الأسطوانى الحاد.. وقال إن الفيل مثل الحربة.. وإنه فى ذلك حازم وجاد.

وجاء الثالث فى هدوء واتزان.. وأمسك بخرطوم الفيل.. وقال إنه كثعبان.

وأما الرابع فقد تحسس الساق.. وقال أما أنا فإنى الفائز فى السباق.. إنه كشجرة ضخمة ذات أوراق.

وأمسك الخامس بأذن الفيل.. وقال إنه كمروحة وها هو ذا الدليل.

ولم يصل السادس إلا إلى الذيل.. فقال إن الفيل ليس إلا كالحبل.. وقولى ذلك هو القول الفصل.

ثار الجدل عنيفًا فى نقاش وصياح.. وكل فى رأيه صاحب الحق الصراح.. وهكذا هؤلاء كانوا كلهم جهلاء.. أصابوا شيئًا وغابت عنهم أشياء.. علموا قليلاً فظنوا أنهم علماء."

هذه القصيدة رمزية وموجهة إلى الإنسان فى كل زمان ومكان. ذلك المخلوق المغتر المتكبر الذى لا يكاد يصل إلى شىء من علم قليل، حتى يظن أنه أصبح سيد الثقلين، وملك الخافقين، فيأيها الإنسان يا ابن التراب:

| | |
|---|---|
| العلم للرحمن جل جلاله | وسواه فى جهلاته يتغمغم |
| ما للتراب وللعلوم وإنما | يسعى ليعلم أنه لا يعلم |

لقد كان كل شخص من هؤلاء الستة على حق من وجهة نظره الخاصة بالنسبة لشكل الفيل. أما فى مجموعهم فقد كانوا مخطئين، حيث كوّن كل منهم نموذجًا أو وصفًا بعد استطلاع " الواقع الحى". ولكن جميع هذه النماذج أخطأت فى الوصول إلى النتيجة النهائية الصحيحة، وذلك لعدم اكتمال الاستطلاعات والفحوص والملاحظات والمشاهدات وملاءمتها بعضها مع بعض.

ومع التوسع فى استخدامات بحوث العمليات، تمّ تصممصُم كثير من النماذج الرياضية التى تمثل منظومات علمية لمعالجة مشكلات واقعية. وبذلك أصبح فى جعبة "بحوث العمليات" عديد من النماذج التقليدية التى يمكن تطويرها لتناسب كثيرًا من المشكلات. ويمكن التعرف على أساليب النمذجة الرياضية المتوافرة، وتطبيقاتها المتباينة.

## أساليب النمذجة الرياضية:

أدت البحوث التطبيقية إلى تشكيل وتطوير نماذج رياضية تمثل منظومات واقعية فى المجالات العسكرية والمدنية. وتهدف هذه النماذج إلى اختيار الحل الأمثل أو الأقرب إلى الحل الأمثل، لمعالجة المشكلات، كما أنها تساعد فى دعم القرارات بمختلف وظائف الإدارة من تخطيط وتنظيم وتحليل ومراقبة. وبمكن توصيف مجموعة من النماذج الرياضية النمطية وصفًا مختصرًا على سبيل المثال لا الحصر، وذلك لاستيعاب مفهوم منهجية النمذجة، وهى على النحو التالى:

**نماذج البرمجة الرياضية (Mathematical Programming Models).**

تعدّ نماذج البرمجة الرياضية عامة من أكثر فروع بحوت العمليات تطوراً، وأنجح فروع الإدارة العلمية تطبيقًا، ويرجع التطور والنجاح الحالى إلى تقدم قدرات الحاسبات الآلية من حيث السرعة الحسابية الفائقة، والسعة التخزينية الكبيرة. والبرمجة الرياضية تمثل مشكلات الأمثلية من تعظيم أو تصغير دالة الهدف التى تعتمد على عدد معين من المتغيرات كمدخلات. وقد تكون هذه المتغيرات مستقلة بعضها عن بعض، أو متعلقة بعضها ببعض من خلال مجموعة من القيود. والعلاقة بين هذه المتغبرات إما أن تكون خطية أو تربيعية أو غير خطية. ونعطى نبذة مختصرة عن هذه النماذج، وهى على النحو التالى:

- **نموذج البرمجة الخطية (Linear Programming Model).**

تتميز هذه النماذج بتنوع تطبيقاتها. وتستخدم فى إيجاد أمثل الحلول التى تقرر كيفية توزيع الموارد المتاحة بشكل يناسب الطاقة الإنتاجية، وهى ليست إلا عملية تخصيص عدّة موارد لعدّة أنشطة. ويتكون نموذج البرمجة الخطية من دالة هدف (Objective Function) تمثل إما تكلفة الموارد المستخدمة، فيهدف

النموذج إلى تصغيرها (Minimization)؛ أو تمثل ربحيـــة الأنشـــطة المنتجـــة، فيهدف النموذج إلى تعظيمها (Maximization). ويعمل أسلوب البرمجة الخطية إلى اختيار الحل الأمثل الذى يعظّم أو يصغّر دالة الهدف فى ظل مجموعة مـــن القيود (Constraints) التى تحدد الخيارات الممكنة. وتتفرع عدّة نماذج خاصـــة من نموذج البرمجة الخطية، وهى على النحو التالى:

- **نموذج البرمجة صحيحة العـدد (Integer Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة من البرامج الخطية التى يكون فيها المتغيرات مـــن المدخـــلات أعدادًا صحيحة. وتستخدم هذه البرامج عندما يطلب أن يكون الحل الأمثل أعـــدادًا صحيحة، كاتخاذ قرار بخصوص تحديد عـــدد السيارات المنتجة. وليكن معلومًـــا أن استخدام البرمجة الخطية العادية التى تعطى حلاً أمثل ثم يقرب إلـــى الأعـــداد الصحيحة لا يُعَدّ حلاً أمثل.

- **نموذج البرمجة ثنائية العـــدد (Zero-One Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة من البرامج الخطية التى يطلب فيها أن يكون الحل الأمثل فـــى صيغة صفر أو واحد. وتستخدم هذه النماذج فى تطبيقات عديدة كاتخاذ قرار بنعـم أو لا.

- **نموذج النقـل الخطـى (Transportation Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة صيغة خاصة من صيغ البرمجة الخطية، وتهدف هذه النماذج إلـــى نقل المنتجات من مراكز إنتاجها إلى مراكز توريعها بأقل تكلفة ممكنـــة، وبشـــرط تلبية متطلبات مراكز التوزيع فى حدود الطاقات الإنتاجية لمراكز الإنتاج.

- **نموذج الانتقال الخطـى (Transhipment Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة صيغة خاصة من صيغ البرمجة الخطية، وتهدف هذه النمـــاذج إلى انتقال السلع أو الأفراد من إحدى المصادر إلى إحدى الغايات، مـــع السـماح لهذه المنقولات أن تمر بواحد أو أكثر من المصادر أو الغايات قبل وصولها إلـــى الغاية النهائية، إذا لم يتوافر الطريق المباشر، فيكون الطريق غير المباشـــر أقـــل تكلفة من الطريق المباشر.

- **نموذج التخصيص الخطـى (Assignment Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة صيغة خاصة من صيغ البرمجة الخطية. وتهدف هذه النمـــاذج

إلى تخصيص عدد من الموارد على عدد من الأنشطة، بحيث يخصص مورد واحد لكل نشاط، وبشرط للوصول إلى أفضل عائد ممكن، فى صورة أكثر ربحية ممكنة، أو أقل تكلفة ممكنة. ومثال ذلك تحصيص عدد من العمال ذوى تخصصات ومهارات متباينة لإنجاز بعض الأعمال التى يتطلب كل منها تخصصًا محددا ومهارة معينة للحصول على أفضل عائد ممكن.

- **نموذج البرمجة التربيعية (Quadratic Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة من البرامج الرياضية التى تكون فيها القيود خطية، ودالة الهدف ذات علاقة تربيعية بين المتغيرات.

- **نموذج البرمجة غير الخطية (Non-Linear Programming Model).**

تُعَدّ هذه البرمجة من البرامج الرياضية التى تكون فيها دالة الهدف والقيود ذات علاقة غير خطية بين مختلف المتغيرات.

- **نموذج البرمجة الديناميكية (Dynamic Programming Model).**

تتناول هذه النماذج اتخاذ قرارات متتابعة ومترابطة، فهى تتميز بتطابقها مع وظائف الإدارة، نظرًا لتعاملها مع اتخاذ القرار على مراحل زمنية، وهو ما يواجه الإدارة فى تناول العديد من المشكلات العملية. ويتكون نموذج البرمجة الديناميكية من المعادلة الوظيفية لدالة الهدف (Functional Equation)، ومراحل القرار(Decision Stages)، ومتغيرات الحالة (State Variables)، ومتغيرات القرار (Decision Variables)، ومعادلة الربط بين كل مرحلة (Transformation Equation). وتحتاج هذه النماذج إلى كثير من العمليات الحسابية، التى تتطلب سرعات تشغيل فائقة، وسعات تخزين عالية. لذلك فإن حجم نماذج البرمجة الديناميكية التى يمكن التعامل معها وحلها باستخدام الحاسبات الآلية يُعَدّ محدودًا، خاصة عندما يحتوى النموذج على عدد كبير من متغيرات الحالة.

**نماذج الشبكات الخطية (Network Analysis Models).**

تؤدى نماذج الشبكات الخطية دورًا كبيرًا فى تطبيقات بحوث العمليات. وقد أثبتت فاعليتها فى معالجة كثير من المشكلات. والشبكة (Network) تضم عادة مجموعة من الأنشطة (Activities) تُمثَّل بأسهم أو أقواس (Arrows or Arcs) وهى عادة ما تكون متداخلة ومترابطة بعضها مع بعض وفق ترتيب منطقى معين، وكل

نشـــاط له بداية ونهاية تعرف بالرءوس أو العقــد (Nodes or Points) وتمثــل بحلقات صغيرة تسمى (Nodes). والشبكة بأنشطتها وبداياتها ونهاياتها تعبر عــــن تسلسل وترابط هذه الأنشطة وهذه الرءوس. وتستخدم الشبكات الخطية فى معالجـــة كثير من المشكلات منها ما هو على النحو التالى:

• **نموذج المسار الحرج (Critical-Path Model)**. يمثل هذا النموذج شبكة تتضمن مجموعة من الأنشطة (Activities) بأحداثها (Events) التى تعبر عـــن تسلسلها وتتابعها وترابطها وتداخلها، وتبدأ الشبكة بحلقة تمثل بـــدء المشــروع، وينتهى بحلقة تمثل نهاية المشروع. ويمكن إضافة أنشطة وهمية بين الأحــــداث المختلفة بالشبكة، وذلك للمحافظة على التسلسل المنطقـــى للأنشـــطة وأحداثـــها، ويجرى تحديد الوقت المبكر، والوقت المتأخر للأحداث المختلفة، وكـــذا تحديـد الزمن الراكد لجميع الأحداث، وبالتالى يمكن تحديد الأحداث الحرجة التـــى قـد تؤثر على استكمال المشروع فى الوقت المحدد، ويمثل المسار الحرج الذى يمــر بالأحداث الحرجة أطول وقت يمكن فيه تنفيذ المشروع.

• **نموذج الطريق الأقصر (Shortest Route Model)**. يمثل هذا النمــــوذج شبكة تتضمن مجموعة من الحلقات تسمى عقدا متصلة بـــأقواس أو وصــلات، وتسمى إحدى العقد بالمصدر(Source) والعقدة الأخرى المصب (Sink)، ويكـون الهدف هو تحديد المسار الذى يصل بين المصدر والمصب، بحيث يكون مجمــوع التكلفة المتصلة بالأفرع فى المسار أقل ما يمكن. ومن التطبيقات العديدة أن أحـــد الأفراد يسكن فى مدينة معينة، ويعمل فى مدينة أخرى، ويبحث عـــن طـــريق برى يجعل وقت القيادة أقل ما يمكن، وقد سجل هذا الشخص وقت القيادة بالدقيقة على الطرق السريعة بين المدن المتوسطة. ويمكن تمثيل هذه المشكلة بحيث تمثـل المدن بعقد، والطرق السريعة بالأفرع، وتكون التكلفة المرتبطة بالأفرع هو وقـــت السفر، والمصدر هو المدينة التى يعيش فيها، والمصب هو المدينة التى يعمل بها. والمطلوب البحث عن أقصر طريق.

• **نموذج التدفق الأعظم (Maximum-Flow Model)**. يمثل هذا النمــوذج شبكة موجهة ذات منبع ومصب، وتهدف إلى إيجاد أكبر تدفق ممكن من المنبــــع إلى المصب. فإذا كانت طاقة الأقواس تمثل مثلا عدد السيارات التـــى يمكـــن أن تعبر قوسا معينا فى وحدة زمنية معينة، يكون الهدف عندئذ إيجـــاد أكـــبر عـــدد

ممكن من السيارات بين المنبع والمصب. وإذا كانت طاقة الأقواس تمثل مثلاً طاقة كهربائية أو مائية تمر فى القوس فى وحدة زمنية معينة، يكون الهدف إيجاد أكبر تدفق ممكن بين المنبع والمصب، وهكذا.

• **نموذج النطاق المصغر (Minimum Span Model)**. يمثل هذا النموذج شبكة تتضمن مجموعة من العقد ومجموعة من الأفرع المقترحة، وكل فرع متجه له تكلفة لا سلبية مرتبطة به، ويكون الهدف هو إنشاء شبكة متصلة تحتوى على كل العقد، بحيث يكون إجمالى التكلفة المرتبطة بهذه الأفرع أقل ما يمكن، بفرض أنه توجد أفرع مقترحة كافية لتأكيد وجود حل. ومثال ذلك أن إدارة الحدائق بأحد المدن تخطط لتطوير مساحة خالية لأنشطة السياحة، فحددت أربع مواقع فى المنطقة للوصول بواسطة السيارات، حيث حددت المواقع والمسافات بينها بالكيلومتر، ولإيقاع أقل ضرر على البيئة، ترغب إدارة الحدائق تخفيض المسافات من الطريق اللازم للوصول إلى المكان، لذلك فهى تهدف إلى تحديد عدد الطرق التى يجب أن تُشيّد لتحقيق ذلك.

**نماذج ضبط المخزون (Inventory Control Models)**. تعد نماذج ضبط المخزون فى المؤسسات الإنتاجية من أهم المشكلات التى تواجهها الإدارة، لأنه توجد عوامل متضاربة وضاغطة على زيادة أو نقصان مستويات المخزون سواء كانت مواد خام أولية، أو منتجات نصف مصنعة، أو منتجات تامة الصنع. وتهدف النماذج الرياضية لضبط المخزون إلى تحديد الحجم الأمثل للطلب سواء كان للشراء مباشرة أو للتصنيع داخليًا، وكذا تحديد نقطة إعادة الطلب، بشرط أن تكون التكلفة الكلية أقل ما يمكن. وتشمل التكلفة الكلية عادة تكلفة السلعة، وتكلفة إعداد الطلبية، وتكلفة التخزين.

**نماذج صفوف الانتظار (Queueing or Waiting-Line Models)**. تهدف نماذج صفوف الانتظار إلى تقويم مستوى الخدمة التى تقدم فى المنظومات الإنتاجية سواء كانت تصنيعية أو خدمية، وحساب تكلفة تقديم هذه الخدمة للحصول على الاستفادة القصوى من المنظومة، وعادة ما يكون الناتج هو تخفيض التكلفة الكلية المصاحبة للوقت الضائع فى مراكز الخدمة مقابل تكلفة انتظار العاملين (المعدات) أو العملاء (المنتجات). وصفوف الانتظار تُعَدّ ظاهرة عامة فى جميع المجالات، عندما يزيد طالبو الخدمة عن سعة مقدمى هذه الخدمة.

ونظرًا لكون عملية وصول طالبى الخدمة إلى المنظومة، وعملية خدمة المنتظرين من العمليات العشوائية المتغيرة بتغير الزمن، فإنه يصعب تحقيق مستوى خدمة مقبول لطالبها متوازنة مع مستوى تكلفة معقولة لتقديم هذه الخدمة.

**نماذج محاكاة المنظومات (Simulation System Models).** تتميز النماذج الرياضية بمقدرتها على التعبير عن روح وجوهر المنظومات قيد الدراسة والمعالجة، وعلى تفنيد العلاقات الأساسية بين مختلف العناصر بأساليب واضحة، إلا أننا نواجه فى الواقع العملى العديد من المشكلات المعقدة التى عادة ما يصعب تمثيلها بنماذج رياضية، أو أن النموذج الرياضى نفسه بالغ التعقيد، بحيث يصعب حله بالأساليب الرياضية المعروفة. لذلك يمكن اللجوء إلى نماذج المحاكاة التى تعتمد على فكرة محاكاة المنظومة قيد الدراسة من خلال تقليد طريقة أدائها، وسلوك التفاعلات التى تجرى بين عناصرها. وبذلك يمكن محاكاة المنظومة الحقيقية بمنظومة نظرية، حتى يمكن التنبؤ بسلوكها وتفاعلاتها، ويستخدم فى ذلك الحاسبات الآلية حتى يمكن إخراج صورة مطابقة للمنظومة الحقيقية، والتوصل إلى نقاط الضعف فيها لمعالجتها.

## تطبيقات النمذجة الرياضية:

ولد علم بحوث العمليات لحاجة ملحة إلى معالجة مشكلات تشغيلية فى منظومات عسكرية. ويعزو الرواد الأوائل فى مجال بحوث العمليات حداثة ما يقومون به إلى ما يتعلق بظاهرة منظومات التشغيل من الدراسة العلمية. وقد انتقلت اهتمامات باحثى العمليات بوضوح بعيدًا عن التطبيقات العسكرية، بعد أن تركت بصمات واضحة على كفاءة هذه المنظومات. وبدأ النمو المطرد فى تطبيقات بحوث العمليات المدنية، وهكذا ازدادت الدراسات النظرية بصورة ملحوظة، وقد استمر التوسع فى بحوث العمليات فى العقود الماضية، حيث أمكن لبحوث العمليات أن تقدم منهجًا جديدًا يمكن تطبيقه لتحسين أداء مختلف منظومات التشغيل.

وقد حجبت متطلبات السرية العسكرية عن النشر الكثير من تفاصيل دراسات وتطبيقات بحوث العمليات التى تمت فى زمن الحرب لمدة طويلة، ولو أنها نشرت فى وقت لاحق. كما أن الكثير من ممارسات بحوث العمليات فى مختلف

القطاعات عامة، وقطاع الصناعة خاصة، قد حجبت عن الدوريات العلمية، نظرًا لقيود السرية من قبل المؤسسات والشركات المستفيدة. وقد نتج عن ذلك، أن الدوريات العلمية فى بحوث العمليات امتلأت بالاتجاه النظرى فى معظم الأوراق البحثية التى نشرت فى هذه الدوريات، بالإضافة إلى بعض البحوث التطبيقية التقليدية المتناثرة. وبالرغم من ذلك، فقد انتشرت استخدامات بحوث العمليات فى كثير من المؤسسات الاقتصادية والصناعية والزراعية والتجارية والمالية والخدمية، وازدادت تطبيقاتها بمعدل سريع. وسنتناول بعض تطبيقات بحوث العمليات فى مختلف القطاعات على النحو التالى:

**تطبيقات القطاع الاقتصادى.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحوث العمليات: تخطيط الاستثمارات، وتحليل السيولة النقدية، وتحليل اندماج الشركات، وتحليل الموازنات، وغيرها.

**تطبيقات القطاع الصناعى.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحوث العمليات: التنبؤ بحجم الإنتاج، وتخطيط الإنتاج، وجدولة عمليات التصنيع، وتحديد حجم فرق الإصلاح، وتحديد مستوى العمالة، وتوزيع المنتجات، ونقل السلع، وبرمجة صيانة الماكينات، وتخصيص الأفراد، وتحديد مستويات المخزون، وتخصيص الموارد، وخلط المواد، وتخطيط برامج التسويق والإعلان، وغيرها.

**تطبيقات القطاع الزراعى.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحوث العمليات: دراسة خصائص التربة الزراعية، ودراسة أثر العوامل الجوية على معدلات نمو النبات، وتصميم سدود المياه، وغيرها.

**تطبيقات الخدمات التعليمية.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحوث العمليات: تخصيص قاعات الدراسة للمحاضرات، وتخطيط المنشآت التعليمية، وتخصيص الموارد التعليمية، وترشيد القوى البشرية فى مجال التعليم، وغيرها.

**تطبيقات الخدمات الصحية.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحوث العمليات: جدولة علاج المرضى بالعيادات الخارجية، وجدولة عمليات المستشفى، وتخطيط تشغيل بنوك الدم، وترشيد القوى البشرية فى مجال الرعاية الصحية، وترشيد عدد مسارح العمليات، وتخطيط الرعاية الصحية، وغيرها.

**تطبيقات الخدمات البيئية.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحوث

العمليات: معالجة النفايات، ومعالجة الصرف الصحى، وتقليل فعاليـــة الملوثـــات، واختيار أنسب البدائل فى طرق معالجة النفايات، وتخطيط المرور فـــى المـــدن، وغيرها.

**تطبيقات الخدمات الإجتماعية.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحـوث العمليات: تخطيط القوى العاملة، وتقسيم المناطق الى دوائر انتخابية، وتخصيـص النواب والناخبين بكل دائرة، وغيرها.

**تطبيقات الخدمات الترفيهية.** من المشكلات التى عولجت بأساليب بحـــوث العمليات: تخطيط تشغيل المنشآت السياحية والرياضية، وتحديد قنـــوات الخدمـــة المثلى، وتوزيع الأندية فى المدينة، وغيرها.

# الباب الثالث

# فلســفة علمية الإدارة

الفصل الأول : إيجابيات تحليــل النشـــاط.

الفصل الثانى : إيجابيات توظيــف الإدارة.

الفصل الثالث : إيجابيات تدعيــم القــرار.

# الباب الثالث

# فلسفة علمية الإدارة

علمية الإدارة ما هى إلا تطبيق ابتكارى للأساليب الفلسفية، والأفكار المبتكرة، والمعارف النوعية، لتدعيم صنع القرارات الرشيدة فى الأوقات الملائمة، وبالسرعة المناسبة، وذلك من خلال نحليل النشاطات، وتمثيلها بمنظومات علمية ذات مدخلات وتحويلات ومخرجات، بغية تحقيق الأهداف.

ونظرة عميقة إلى أساليب علمية الإدارة، تكشف عن قصور كبير فى فهم مدى إمكانية الاستفادة من تحليل النشاطات فى معالجة المشكلات. فكثير من باحثى العمليات يقفزون مباشرة إلى تمثيل المشكلة بنموذج رياضى ملائم وحله بأسلوب رياضى مناسب، دون التأكد من توافق هذا الحل فى معالجة المشكلة ذاتها. ومما لا شك فيه، فإن صياغة المشكلة الواقعية فى منظومة علمية تساعد كثيرًا على تفهم المشكلة، وتحديد مكوناتها وعناصرها.

ومنذ سنوات عديدة، أجريت بحوث كثيرة عن الطبيعة البشرية فى صياغة المنظومات، وشكل الرواد فى هذا المجال عدة فلسفات معينة، وقدم John Dewey فى أوائل التسعينيات عدة خطوات تقليدية لمعالجة المشكلات عن طريق صياغة المنظومات وتحليلها. وقد شملت البحوث الحالية تطوير الطريقة العلمية لتشمل تشكيل منظومات تمثل الواقع العملى حتى تسهل عملية التحليل للمدخلات والتحويلات والمخرجات. وقد أدى ذلك إلى أنه من الأفضل صياغة المشكلة فى منظومة بداية، ثم تطويرها تباعًا، عن عدم وجود منظومة مطلقًا.

ويقدم هذا الباب فلسفة المؤلف فى علمية الإدارة، موضحًا إيجابيات تحليل النشاط، وإيجابيات توظيف الإدارة، وإيجابيات تدعيم القرار.

# الفصل الأول: إيجابيات تحليل النشاط

الكون الذى حث الله تعالى عباده على النظر والتأمل فى ظواهـره الكونيـة، والدراسة والبحث فى حقائقه العلمية، ما هو إلا منظومة متكاملة. والـذّرة هـى أساس هذه المنظومة، إذ هى وحدة البناء فى جميـع المخلوقـات مـن أكـوان ومجرات وكواكب وأقمار وشهب ومذنبات وكائنات وعـوالم وأجناس وغيرهـا من مخلوقات الله تعالى. وبتشكيل بلايين البلايين من هـذه الـذرات فـى عـدة تصميمات وتنظيمات، تتشكل العوالم من كائنات وأجناس، ابتداء بالميكروب وحيد الخلية، وانتهاء بالكون الذى لا تحدّه حدود.

## مفهوم عوالم المنظومات:

النظر إلى هذا العالم الكبير كمنظومة متكاملة، يبين احتواءه على عوالم جزئية يُعَدّ كل منها منظومة فرعية داخل المنظومة المتكاملة: ففيه عالم الجماد، وعـالم النبات، وعالم الحيوان، وعالم الإنسان، وإلى ذلك من مختلف صنوف الموجودات التى تكون كل منها عالمًا صغيرًا، ويتكون من مجموعها العالم الكبير.

ففى عالم الجماد كمنظومة فرعية، نجد أن عجـائب الخلـق متجليـة بشـكل واضح، وعلى نظام ثابت، ولها مقوماتها ومدخلاتها ونشـاطاتها التـى تتحـول بأساليب معقدة إلى نواتج أو مخرجات ذات قيم محسوسة. فكل كوكب يسير فـى مدار معين لا يتعداه، وتنتظم دوراته فى فترات معينة، ويختص بوظيفة خاصـة يؤديها، ويحفظ المسافات بينها من جهة، ثم بين مداراتـها مـن جهـة أخـرى. فسبحان الله تعالى فى إحكام هذه المنظومة، ودقة صنعها، وتحديد هدفها.

وفى عالم النبات كمنظومة فرعية، نجد أن عجائب الخلق متجلية بشكل واضـح، وعلى نظام ثابت، ولها مقوماتها ومدخـلاتها ونشـاطاتها التى تتحول بأساليب معقـدة إلى نواتج أو مخرجات ذات قيم محسوسة. فالبذرة المركوزة فى التراب تبدو جـامدة ليس فيها مبعث لحركة، ولكن عندما يحتضنها الطيـن، ويسـقيها المـاء، ويغمرهـا الهواء، تصبح مهيأة لإبراز ما فيها من كوامن الخلق، وما يبدو فيـها مـن مظـاهر الحياة، فتصير شجرة باسقة، وتزهر وتثمر، وتورق وتخضر. فسبحان الله تعالى فـى إحكام هذه المنظومة، ودقة صنعها، وتحديد هدفها.

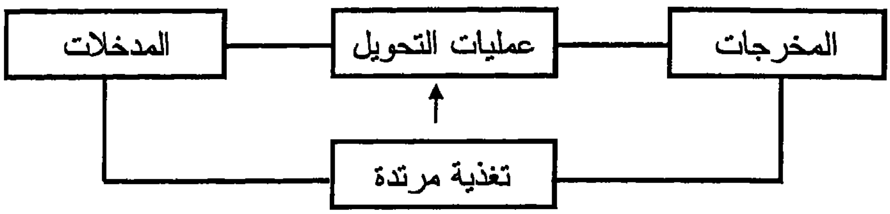
وفى عالم الحيوان كمنظومة فرعية، نجد أن عجائب الخلق متجلية بشكل واضح، وعلى نظام ثابت، ولها مقوماتها ومدخلاتها ونشاطاتها التى تتحول بأساليب معقدة إلى نواتج أو مخرجات ذات قيم محسوسة. فسلالات الدواب تشمل أعداداً هائلة، وأنواعًا متباينة، فمنها سلالة الزواحف التى تمشى على بطنها، وسلالة الطيور التى تمشى على اثنين، وسلالة الثدييات التى تمشى على أربع. كما تتميز فصائل الحيوان من جهة الشكل والخواص والطباع والغرائز: فمنها مملكة النحل التى لا يجرؤ أحد على دخولها دون أن يأخذ حذره من دفاعها القوى وهجومها المؤلم؛ ودويلة النمل التى تتصف بالمثابرة على أداء العمل والتفانى فى أداء الواجب؛ وأمة العناكب ذات الخلايا العصبية التى تسمح بتكوين نسيج مخطط فى برامج هندسية منتظمة؛ وجماعات الطيور التى يقوم بعضها بتخطيط برامج تنقلاتها فى مسارات طويلة ومعقدة. فسبحان الله تعالى فى إحكام هذه المنظومة، ودقة صنعها، وتحديد هدفها.

وفى عالم الإنسان كمنظومة فرعية، نجد أن عجائب الخلق متجلية بشكل واضح، وعلى نظام ثابت، ولها مقوماتها ومدخلاتها ونشاطاتها التى تتحول بأساليب معقدة إلى نواتج أو مخرجات ذات قيم محسوسة. فالإنسان هو ذلك الكيان البيولوچى أو الجسد البشرى بما يحتوى على أجهزة وأعضاء وجوارح ظاهرة وباطنة؛ وهو الوعاء الذى يُصبّ فيه الكيان المعنوى أو الذات الإنسانية بما يحتوى على مجموعة قوى متعددة من قلب وعقل وروح ونفس. والكيان البشرى ككل يمثل منظومة متكاملة، تحصل من البيئة المحيطة بها على عدة مدخلات منها الطعام النباتى والحيوانى، والشراب الطبيعى والصناعى، وتستنشق الهواء النقى والملوث. ومن خلال مجموعة من العمليات البيولوچية المعقدة داخل الجسم، يتحول الأكسجين إلى عادم فى صورة ثانى أكسيد الكربون، ويتحول الطعام والشراب إلى فضلات على هيئة بول وبراز وعرق، وتتحول البروتينات والكربوهيدرات والدهون إلى الطاقة اللازمة لإدارة هذا الكيان البشرى من خلال تجديد الدم الذى يمُر فى أوردته وشرايينه بصفة مستمرة. فسبحان الله تعالى فى إحكام هذه المنظومة، ودقة صنعها، وتحديد هدفها.

## مفهوم طبيعة المنظومات:

يتضح من ذلك أن المنظومات تكاد تكون السمة المميزة لجميع النشاطات فى

الحياة الدنيا. ومن الصعب أن نجد منهجا يكون أكثر ملاء مة لأى نشاط عن منهج المنظومات. وهناك تعريف عام مبسط للمنظومة يمكن تطبيقه في جميع المجالات. فالمنظومة هى كيان موحد يضم مجموعة من العناصر أو المكونات التى تتفاعل بعضها مع بعض لتنفيذ مخطط محدد، بغية الوصول إلى أهداف فردية أو مركبة. وقد تطور مفهوم المنظومات وتطبيق عناصره أو مكوناته بعد الثورة التكنولوجية التى أعقبت الحرب العالمية الثانية، إذ تعقدت هذه العناصر وتعمقت هذه المفاهيم ، لتصبح أكثر انسجاما مع المناهج العلمية المتطورة. والشكل رقم (3-1) يوضح الهيكل العام للمنظومات.




شكل رقم (3 - 1) : مكونات وعناصر المنظومات

ويتميز الهيكل العام للمنظومة بعدة عناصر يمكن شرحها على النحو التالى:

**عنصر مدخلات المنظومة** (Inputs). وهى المقومات التى تدخل فى المنظومة ليجرى عليها عمليات تحويلية بأساليب محددة، بغية الوصول إلى أهداف معينة. وتشمل المقومات فى أى منظومة إنتاجية على عمالة من حرفيين ومهنيين وإداريين؛ ومواد من خامات أولية، ومنتجات نصف مصنعة، ومستلزمات إنتاج؛ ومعدات من ماكينات وعدد وآلات؛ وأموال فى صيغة أصول، ومديونيات، ومساهمات، ونفقات. هذا بالإضافة إلى المرافق العامة، والطاقة الكهربائية، والمبانى والأراضى، والموارد الأخرى.

**عنصر تحويلات المنظومة** (Transformation). وهى العمليات التى تستخدم فى تحويل المقومات إلى نواتج ذات قيم مضافة (Value - added)، وذلك عن طريق استخدام تقنيات معينة سواء كانت ميكانيكية أو كهربائية أو إلكترونية

أو كيميائية أو غيرها. وتشمل عمليات التحويل في منظومة إنتاجية على تحويل المواد الأولية إلى سلعة معينة أو خدمة محددة، مستخدمًا معدات وعمالة وغيرها من المدخلات، مراعيًا في ذلك أن قيم السلع أو الخدمات المنتجة ذات قيم أعلى من تكاليف اقتناء وتشغيل المقومات. ويُرمز إلى عمليات التحويل بالصندوق الأسود الذي يلحق بالطائرات للتعرف على أسباب الحوادث الجوية للطائرة.

**عنصر مخرجات المنظومة (Outputs)**. وهي النواتج التي تتشكل نتيجة إجراء عمليات تحويلية للمقومات، بشروط مسبقة، ومواصفات معينة، وحسب خطط موضوعة، وبغية الوصول إلى أهداف محددة. وتشمل النواتج في منظومة إنتاجية على منتجات نهائية من سلع معدة للتوزيع في الأسواق، استجابة لرغبات وأذواق المستهلك، وكذا خدمات تُقدّم للجمهور لقضاء الحاجات.

**عنصر إطار المنظومة (Boundry)**. وهو الحدود التي تقع المنظومة بداخلها، حتى يمكن تحديد إطار المشكلة للتشخيص العلاجي، والدراسة العلمية، والتحليل الرياضي والإحصائي.

**عنصر بيئة المنظومة (Environment)**. وهي البيئة المحيطة بالمنظومة، إذ إنها ليست من مكونات أو عناصر المنظومة، بل لها تأثير محسوس على أسلوب أدائها، لتحقيق أهدافها. وتتميز عناصر البيئة المحيطة بأي منظومة بأمرين هما: إما أن تكون البيئة المحيطة بالمنظومة ذات تأثير مباشر على أهداف المنظومة؛ وإما أن يستحيل التحكم في البيئة المحيطة بالمنظومة ولا يمكن معالجتها. وعادة ما تخلق البيئة المحيطة بالمنظومة نوعًا من القيود الفعلية التي تجعل بعض الحلول غير ممكنة. فالقيود تكون قيودا تكنولوجية، وهي التي قد تحول دون الإنتاج بأسرع وقت ممكن وأقل تكلفة ممكنة؛ أو قيودا سياسية، وهي التي قد تؤثر في عدم استيراد خامات بأقل سعر من دولة ممنوع التعامل معها؛ أو قيودا اقتصادية، وهي التي قد تحول دون استمرار الإنتاج حتى لا تحدث بطالة بين العمال؛ أو قيودا اجتماعية، وهي التي قد تحتم بإنتاج منتج معين يتمشى مع أذواق المستهلك؛ أو قيودا قانونية، وهي التي قد تتعلق بالتشريعات التي تحكم مختلف الأنشطة في الدولة؛ أو قيودا دينية، وهي التي قد تحرم قتل الحيوان عند تصنيع اللحوم.

وتؤدى هذه القيود إلى تضييق فضاء أو فراغ الحلول الممكنة التى لا تتعارض معها (Feasible Solution Space): فتصبح الحلول غير الممكنة فى الفراغ أو الفضاء (Non-Feasible Solution Space) غير مجدية، لأنها تتعارض مع هذه القيود. كما يمكن البحث عن الحل الأمثل أو مجموعة الحلول المثلى (Optimal Solutions) فى فراغ الحلول الممكنة. وتعتمد قدرة المنظومة على إمكانية تحقيق الأهداف فى تصميمها ورقابتها. فتصميم المنظومة ما هو إلا تنظيم مسبق لمكوناتها، فكلما يكون التصميم جيدًا، تسهل عمليات صنع القرار فى عمليات التحويل. كما أن رقابة المنظومة ما هى إلا ملاءمة الأنشطة مع الخطط والأهداف الموضوعة.

والمنظومات (Systems) ذات طبيعة متسلسلة هرميًا، بمعنى أن كل منظومة رئيسية تشكل مجموعة من المنظومات الفرعية (Subsystems) التى بالتالى تُعَدّ مكونات أو عناصر للمنظومة الرئيسية. كما أن كل منظومة فرعية تشكل مجموعة من المنظومات الجزئية (Sub-Subsystems). فإذا نظرنا إلى القطاع الاقتصادي فى دولة ما كمنظومة رئيسية، نجد أن المؤسسات الإنتاجية ما هى إلا منظومات فرعية، وبالتالى فالإدارة الهندسية، والإدارة المالية، والإدارة التجارية، والإدارة القانونية فى المؤسسة الإنتاجية ما هى إلا منظومات جزئية لكل منظومة فرعية.

## مفهوم إنتاجية المنظومات:

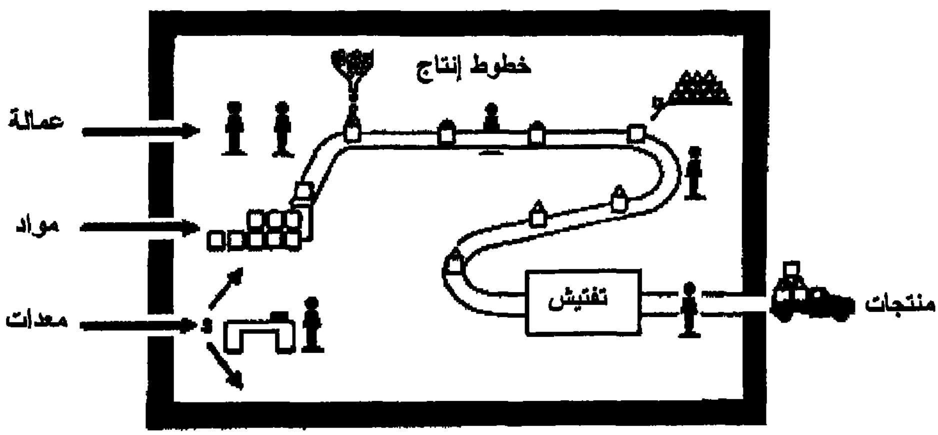
من الجدير بالذكر، أن أى نشاط يتم فيه تحويل مقومات معينة إلى نواتج ذات قيم مضافة، يمكن صياغته فى منظومة إنتاجية (Production System) تكون مدخلاتها فى صورة مقومات إنتاجية، ومخرجاتها فى صورة نواتج مصنعة كالسلع، أو مقدّمة كالخدمات. لذلك فإنه يمكن تصنيف المنظومة الإنتاجية إلى منظومة تصنيعية أو منظومة خدمية، ويمكن تعريفهما على النحو التالى:

**منظومة إنتاجية تصنيعية (Manufacturing System)**. تنتج المنظومة التصنيعية سلعًا ملموسة يمكن قياسها وتخزينها واستهلاكها فى أوقات لاحقة. فهى تقوم بتصنيع مقومات إنتاجية من مواد ومعدات وعمالة وطاقة وغيرها، إلى نواتج مصنعة من سيارات وثلاجات وملابس وأغذية. والمنظومات التصنيعية

تُصنّف عادة على أساس إما تصنيع للتخزين (Make-to-Stock) كالسلع المنزلية، أو تصنيع حسب الطلب (Make-to-Order) كالمأكولات الطازجة. ويمكن تقديم بعض الأمثلة للمنظومات التصنيعية على النحو التالى:

- مصنع إنتاجى مدخلاته عبارة عن مواد ومعدات وعمالة وغيرها، وعملية تحويل هذه المقومات عبارة عن تصنيع سلع مختلفة، ومخرجاته عبارة عن سلعة منتجة ترضى أذواق المستهلك.
- معمل تخليقى مدخلاته عبارة عن خامات نباتية وكيميائية وأجهزة تخليق وفنيين صيدلة وغيرها، وعملية تحويل هذه المقومات عبارة عن تخليق أدوية لعلاج أمراض معينة، ومخرجاته عبارة عن أدوية مُخلّقة لشفاء المرضى.
- ورشة حرفية مدخلاتها عبارة عن خامات معدنية أو خشبية وعِدَد وحرفيين حدادة أو نجارة وغيرها، وعملية تحويل هذه المقومات عبارة عن إصلاح سلعة أو مُعدّة معطلة، ومخرجاته عبارة عن سلعة أو مُعدّة تعمل بكفاءة لصالح الحائز.

والمنظومات التصنيعية تتعامل أساسًا مع تخطيط وتوزيع وجدولة ومتابعة الخامات والمنتجات. والكفاءة فى هذه المنظومات تعتمد أكثر على الماكينات والمعدات، حتى يمكن قياسها. والشكل رقم (2 - 3) يوضح منظومة تصنيعية.




شكل رقم (2 - 3) : منظومة إنتاجية تصنيعية

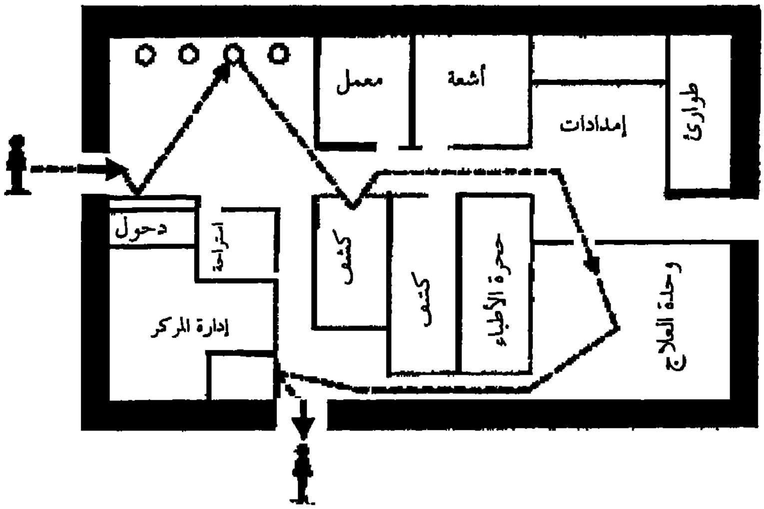
**منظومة إنتاجية خدمية (Service System)**. تنتج المنظومة الخدمية منتجًا غير ملموس، يقدر قيمته مباشرة للعملاء وقت تقديم هذا المنتج. فهى تقوم بتحويل مقومات إنتاجية من مواد وأجهزة ومهنيين وطاقة وغيرها، إلى خدمات مقدمة للمواطنين من علاج مريض أو تعليم طالب أو خدمة مودع أو غيرها. وتتميز المنظومات الخدمية بأن المواقع التى تعمل فيها غير مركزية، والطلبات عليها متغيرة بكثرة حسب رغبة وأذواق العملاء، والمدخلات دائمة التغيير حسب نوع الخدمة المطلوبة، والمخزون لا حاجة له، والنواتج دائمًا تفصيلية حسب طلب العميل، والجودة دائمًا متعبرة حسب خبرة مقدم الخدمة. وكثير من المنظومات الخدمية كالمكاتب السياحية، وسماسرة البورصة، تعتمد على مستوى وجودة أداء القائمين على تقديم هذه الخدمات؛ فى حين أن بعض التنظيمات الخدمية كشركات الاتصالات تعتمد أكثر على استخدام الأجهزة والمعدات. ويمكن تقديم بعض الأمثلة للمنظومات الخدمية على النحو التالى:

- جامعة تعليمية مدخلاتها عبارة عن مواد علمية ومدرجات للمحاضرات، ومعامل تجريبية وأعضاء هيئة تدريس وطلبة من الجنسين وغيرها، وعملية تحويل هذه المقومات عبارة عن تعليم وتدريب الطلبة، ومخرجاتها عبارة عن خريج جامعى ينفع نفسه، ويفيد وطنه.

- مستشفى علاجى مدخلاته عبارة عن أدوية وأسرّة للمرضى ومعامل طبية ومسارح عمليات وأطباء ومرضى وغيرها، وعملية تحويل هذه المقومات عبارة عن تقديم علاج للمرضى، ومخرجاته عبارة عن إنسان معافى.

- بنك تجارى مدخلاته عبارة عن استمارات وأوراق مطبوعة وأجهزة حسابية وأموال نقدية وشيكات مالية وعملاء وموظفين مهنيين وغيرها، وعملية تحويل هذه المقومات عبارة عن تقديم خدمات بنكية للعملاء، ومخرجاته عبارة عن عملاء نفذت لهم طلباتهم القانونية من صرف أو إيداع أموال، أو فتح خطابات اعتماد، أو عمل خطابات ضمان.

والمتابعة فى المنظومات الخدمية تركز على تدفق العملاء، وتلبية رغباتهم فى أقل وقت ممكن، وبأقل تكلفة ممكنة. ومن الصعب قياس الكفاءة فى هذه المنظومات الخدمية لأنها تعتمد أكثر على العامل البشرى، وليس على المعدات كما فى المنظومات التصنيعية. والشكل رقم (3 - 3) يوضح منظومة خدمية.




شكل رقم (3 - 3) : منظومة إنتاجية خدمية

وصياغة أى نشاط فى منظومة إنتاجية، سواء كانت تصنيعية أم خدمية تـهدف إلى أحد الأغراض التالية:

- معالجة مشكلة معينة حدثت فى نشاط قائم لتحقيق هدف معين، أو
- تحسين أداء نشاط قائم معين للحصول على نواتج بأفضل جودة وأقل تكلفة، أو
- تصميم منظومة إنتاجية حديثة لأداء نشاط مستقبلى معيـن، بمسـتوى أداء محدد، وبنواتج متوقعة معينة.

وقد أصبح من الصعب التفرقة بين تعريف السلعة وتعريف الخدمة، فتحسـين السلعة يتم عن طريق إضافة خدمة، وتحسين الخدمة يتم عن طريق إضافة سلعة.

## الفصل الثانى: إيجابيات توظيف الإدارة

الإنتاج هو العصب الرئيسى فى أى نظام اقتصادى، فتحويل مقومات الإنتاج من مواد ومعدات وعمالة وغيرها، إلى نواتج من سلع وخدمات ذات قيم مضافة تمثل منظومة إنتاجية ناجحة. ولا يتأتى أى تقدم محسوس فى أى منظومة إنتاجية إلا بوجود الأفكار الجريئة (Ideas)، والمصادر الوفيرة (Resources)، والإدارة الحديثة (Management). وبصرف النظر عن وجود الأفكار المبدعة، وتوافر الموارد المطلوبة، فلن يحدث أى تقدم محسوس بدون وجود الإدارة الواعية الرشيدة.

## مفهوم علمية الإدارة:

الإدارة بمعناها التقليدى هى تخطيط وتنظيم وتحليل ومراقبة عمليات تحويل مقومات إنتاجية من خلال منظومة معينة، وتحت ظروف رقابية محددة، بغية الحصول على نواتج ذات قيم مضافة لقيم المقومات، وذلك طبقًا للأهداف الموضوعة. وبمعنى آخر، فإن إدارة أى مؤسسة إنتاجية تتضمن المسئولية الكاملة عن تحديد مقومات الإنتاج، وتحويلها ــ طبقًا لخطة إنتاجية موضوعة مسبقًا بهدف الاستفادة الكاملة من المقومات المتوافرة ــ إلى سلع بمواصفات معينة حسب طلبات وأذواق المستهلكين، أو خدمات محددة طبقًا لاحتياجات ورغبات البنى آدميين.

ومن المسلم به، أن مدى نجاح أى مؤسسة إنتاجية، يعتمد اعتمادًا كليًّا على كيفية صياغتها فى منظومة علمية متكاملة عاملة فى بيئة محيطة صالحة من خلال مناخ إدارى مثالى. والدليل على ذلك أن المصريين الذين يعملون فى الدول العربية، والذين هاجروا إلى أوروبا وأمريكا، والذين يشتغلون فى شركات أجنبية فى مصر، ينجحون، بل يتفوقون على أقرانهم الذين يعملون فى مؤسسات وطنية، لأنهم يزاولون عملهم من خلال منظومة هادفة ودافعة ومحفزة، ويعيشون فى بيئة منشطة ومشجعة ومحبذة. أما الذين يعملون فى مؤسسات وطنية أو شركات محلية، فهم يفشلون فى حسن استخدامهم لقدراتهم وإمكاناتهم، وحسن إدارتهم لعلاقاتهم الإنسانية؛ لأنهم يعيشون فى بيئة غير صالحة، وغير صحية، وغير

مريحة ويعملون من خلال منظومة مقلقة لا تعرف الاستقرار، وحاقدة لا تعرف التعاون، ومحبطة لا تعرف التشجيع، وهدامة لا تعرف النجاح.

فالإدارة الحديثة فن، إذ لديها المقدرة على حصر القدرات والإمكانات والطاقات التي يتميز بها أفراد المجموعة، ثم توليف هذه الخصائص لدى المرءوسين في منظومة إدارية؛ بغية الوصول إلى نواتج ذات قيم مضافة عالية بأقل تكلفة للمقومات. ويمكن تشبيه هذه المنظومة بسيمفونية ذات عناصر مولّفة لتعطي لحناً يتذوقه المستمعون. وإدارة هذه المنظومة تشبه قيادة الأوركسترا التي تقود العازفين.

والإدارة الحديثة علم، إذ لديها المقدرة على التعامل المنطقي للمنظومات الكبيرة والمتشعبة والمعقدة، والتحليل العلمي للمكونات والعناصر والمتغيرات، والاستخدام الأمثل للمعلومات التي تدعم صنع القرارات الرشيدة في أقصر وقت ممكن.

والإدارة الحديثة انضباط، إذ لديها المقدرة على تطبيق الإجراءات والتعليمات والتوجيهات والإرشادات في المنظومة الإدارية على الجميع بدون تفرقة بين عامل صغير وموظف كبير، أو بين زبون فقير وعميل مليء، أو بين شخص ضعيف وآخر قوي. وهذا هو الذي يجعل كل إنسان يؤمن بأنه مثل كل إنسان أمام الإدارة، ولا تهاون مع أي خطإ سواء كان بسيطا أم فادحا.

وقد تعددت المدارس الفكرية التي توضح أساليب الإدارة ووظائفها في أي منظومة إنتاجية. ويمكن بلورة ثلاث مدارس فكرية لأساليب الإدارة على النحو التالي:

**فكر وظيفي (Functional School of Thought)**. وهو فكر تقليدي يعتمد على وظائف الإدارة التقليدية من تخطيط ومتابعة لمختلف أنشطة المؤسسة.

**فكر سلوكي (Behavioral School of Thought)** . وهو فكر إنساني يعتمد على تركيز الإدارة على العلاقات الإنسانية والسلوك التنظيمي، وتعمل الإدارة من خلال أشخاص في وظائف تنظيمية هرمية، لقيادة مختلف أنشطة المؤسسة.

**فكر منظومى (Systematized School of Thought)**. وهــو فكـر علمى يعتمد على تركيز الإدارة على طبيعة أنشطة المنظومة المتكاملة، وتوفـير العلاقة والتعاون بين مكوناتها، وفى ذلك تستخدم قواعد البيانـات والمعلومـات، وأساليب الرياضيات والإحصاء لصنع القرارات، حتى تتحقق أهداف المؤسسـة. ويجدر الإشارة إلى أنه إذا تحقق الحل الأمثل لكل من المنظومات الفرعية مستقلة بعضها عن بعض، فلا ضمان فى تحقيق الحل الأمثل للمنظومة الرئيسية.

وقد أدى كبر حجم المؤسسات الإنتاجية، وكثرة نشاطاتها، وتباين مجالاتـها، وتعقّد عملياتها، إلى ضرورة إيجاد إدارة علميـة تواجـه المسـتقبل بمعلومـات المستقبل، وليس بمعلومات الماضى أو بمعلومات الحاضر. وقـد قـدم الأسـتاذ الدكتور George Dantzig جامعة إستانفورد تعريفًا للإدارة العلميـة وبحـوث العمليات، وهو على النحو التالى:

> **" الإدارة العلمية وبحوث العمليات اسمان لشىء واحد، يرمـزان إلى علم صنع القرار وتطبيقاته، وميكنة صنع القرار بدون تدخل بشرى ".**

وقد ركز هذا التعريف على نقطتين أساسيتين هما: أن بحـوث العمليـات هـى الإدارة العلمية ، وأن ميكنة جميع القرارات ممكنة.

وبالرغم من أن الأساليب الرياضية والحاسبات الآلية قد ساعدت فـى ميكنـة بعض القرارات الروتينية التى قد تصل إلى حوالى 70% من القرارات الإداريـة الكلية، فإن صنع القرار هو عمل بشرى محـض، ويسـاعده فـى ذلـك جمـع المعلومات وتحليلها، هذا بالإضافة إلى العوامل التى لا يمـكن تقويمها كـالعوامل الإنسانية. أما القرارات الروتينية التى يمكن ميكنتها مستخدمًا الكمبيوتـر، فـهى على سبيل المثال لا الحصر: مراقبة حجم المخزون، ومراقبة كمية الإنتاج، وهـى التى يتطلب تمثيلها فى نماذج رياضية نمطية وحلها مستخدمًا بعـض الأسـاليب الرياضية والإحصائية.

ويتضح من ذلك أن الإدارة العلمية ما هى إلا مجموعة من الأفكار المبتكـرة التى صُمّمت لتزيد من ترشيد القرارات الإدارية، وتعطى تفـهمًا فـى مجـالات الأنشطة الإدارية التى كـانت تعـالج تقليديًـا بأحكـام سـطحية. وفـى ظـل

التكنولوجيات الحديثة، وطبيعة المشكلات الديناميكيـــة، ومـــن خـــلال خـــبرتى الصناعية والأكاديمية والاستشارية، أرى أن أنسب تعريف للإدارة العلميـــة هـــو على النحو التالى:

**" الإدارة العلمية هى أسلوب فلسفى يعـــاون الإدارة فـــى صنـــع قرارات تنفيذية رشيدة فى أوقات مناسبة وبسرعة ملائمة، مـــن خلال منظومات كيفية لتحديد المشكلات وتشـــخيصها، ونمـــاذج كمية لتحليل المشـــكلات ومعالجتها ".**

فالإدارة العلمية تبحث فى صنع القرارات الرشيدة التى تتضمـــن عـــادة عوامـــل ملموسة (Tangible Factors) وعوامل غير ملموســـة (Intangible Factors)، حيث إن العامل البشرى دائم الوجود فى كل بيئة. لذلك فإن الإدارة العلمية يجـــب أن يُنظر إليها فى اتجاهين: اتجاه فنى (Art)، واتجاه علمى (Science). فالاتجـــاه الفنى هو استخدام الإمكانات والقـــدرات والابتكـــارات الشـــخصية فـــى جميـــع المراحل التى تسبق وتلى معالجة المشكلات الإدارية. أما الاتجاه العلمـــى فـــهو استخدام الأساليب الرياضية والإحصائية فى حل النماذج التى تمثـــل منظومـــات المشكلات الواقعية.

وبالرجوع إلى التعريف السالف الذكر، نجد أن الإدارة العلمية لها خصـــائص معينة يمكن أن نسردها على النحو التالى:

- الإدارة العلمية هى أسلوب (Approach) وليست تخصصـــا (Discipline)، فيمكن تعلم أساليب الإدارة العلمية بواسطة عدة متخصصيـــن ذوى تخصصـــات متباينة تخدم وظائف تنظيمية مختلفة.

- الإدارة العلمية تُستخدم لتعاون الإدارة فى تحليل الأحداث وصنع القـــرارات (Decision - Making Approach)، وليست لتحـــل محلها، فهى تُســـتخدم فـــى تحليل المتغيرات لصنع القرارات الروتينية، وفى تحديد البدائل لصنع القـــرارات غير الروتينية.

- الإدارة العلمية تتبع الأسلوب الهندســـى (Engineering Approach) الـــذى يُستخدم فى معالجة المشكلات ، أى صنع القرارات التنفيذية فى أقرب وقت ممكن.

• الإدارة العلمية تتمثل فى تحليل المنظومات الواقعية التى تعبر عن المشكلات الحقيقية (Pragmatic Approach)، واتخاذ القرارات على أساس الحقائق.

• الإدارة العلمية تتمثل فى استخـــدام النماذج الرياضية التى تعطـــى تمثيـــلا حقيقيا للمنظومات الواقعية (Modelling Approach)، حتى يمكن الحصول علـــى حلول مثلى لهذه النماذج وتطبيقها لمعالجة المشكلات الحقيقية.

ويتكون مجال الإدارة العلمية من مجموعة أساليب مترابطـــة ومتحـــدة فـــى الأهداف المشتركة لتحسين الأداء الإدارى. وتتراوح هذه الأساليب ما بين طـــرق تستخدم فى زيادة فهم واستيعاب المشكلات الإدارية، وطرق كَمية تستنتج قواعـــد تحليلية لصنع القرارات. ويمكن إيضاح هذين الأسلوبين على النحو التالى:

**أساليب كيفية (Qualitative Techniques)**. تعتمد هذه الطرق الكيفية على أسلوب المنطق (Logic Approach)، بالإضافـــة إلـــى نظريـــة الفئـــات (Set Theory)، ونظرية المجموعات (Group Theory)، ونظرية الرسومات (Graph Theory)، وذلك لدراسة خواص وعلاقات مكونات المنظومة الإنتاجية. وعادة ما يسبق النموذج الكيفى فى معالجة المشكلات النموذج الكمى. والتفكير المنطقـــى، مع العلم بأن الأحاسيس الداخلية لصانع القرار لا يعنى عدم الثقـــة فـــى المنـــهج العلمى.

**أساليب كمية (Quantitative Techniques)**. تعتمد هذه الطـــرق الكميـــة على التشكيل الرياضى الذى يتكون عادة من تصغير أو تكبير دالة الـــهدف، فـــى ظل مجموعة من القيود المتباينة التى تتمثل فى معادلات رياضيـــة، ويمكـــن أن تكـــون هـــذه العلاقـــات الرياضيـــة محـــدَّدة (Deterministic)، أو احتماليـــة (Probabilistic)، أوعشوائية (Stochastic).

## مفهوم نمذجة الإدارة:

من خصائص الأساليب الكمية أنها ذات صبغة علمية، إذ إن الهدف منها هـــو المساعدة فى إيجاد وسائل تحسين كفاءة منظومات التشغيل الحالية أو المســتقبلية، ولإنجـــاز ذلك فإنه يجب التعرف على حقائق العمليات، وتوضيح النظريات التـــى تشرح هذه الحقائق، واستخدام هذه النظريات والحقـــائق لاستشـــراف العمليـــات المستقبلية فى تحقيق هدف معين. ويعزو الرواد الأوائل حداثة ما يقومون به إلـــى

عاملين: أولهما يتعلق بظاهـرة خضوع منظومـات التشـغيل (Operating Systems) إلى الدراسة العلمية؛ وثانيهما يتعلق بترتيبات الإدارة التـى طُـوّرت بهدف التنفيذ العملى لما تم استخلاصه من الدراسة العلمية.

ويطلق على النمذجة الرياضية والأساليب التحليلية مصطلح " بحوث العمليات" كمنهج علمى، خرج إلى حيز الوجود خلال الحرب العالمية الثانية. وعلى الرغـم من اتساع نطاق دراسات بحوث العمليات، وتنوعها لتشمل كثيرًا من التطبيقـات العسكرية والمدنية، فإن الاصطلاح بقى ليستخدم فى جميع التطبيقات. وهناك عدة مرادفات لاصطلاح بحوث العمليات (Operations Research). فالبريطـانيون يفضلون الإشارة إلى بحوث العمليات بـالمصطلح (Operational Research)، والأمريكيون يستخدمون اصطـلاح علـم الإدارة (Management Science). وهناك تعريفان تبنتهما جمعيتا بحوث العمليات فى كل من بريطانيـا وأمريكـا. فالتعريف الذى قدمته جمعية بحوث العمليات البريطانية هو على النحو التالى:

**"بحوث العمليات هى تطبيق الوسائل العلمية علـى المشـكلات المعقدة المتعلقة بتوجيه وإدارة المنظومات الكبرى التـى تضـم القوى البشرية والآلات والمواد والأموال فى هيئـات الصناعـة والأعمال، بالإضافـة إلى المؤسسات الحكومية والعسكرية".**

وتعتمد منهجية بحوث العمليات على تطوير نموذج علمى للمنظومة التى تحتـوى على قياسات لكثير من العوامل مثل درجة التقريـب فـى استشـراف ومقارنـة الإستراتيجيات والقرارات المتعددة، بغرض تقديم المساندة إلى الإدارة فى تحديـد سياستها. أما التعريف الذى قدمته جمعية بحوث العمليات الأمريكية فـهو علـى النحو التالى:

**" تهتم بحوث العمليات بالاختيار العلمى لأفضل تصميم وتشـغيل لمنظومات الإنسـان والآلـة (Man-Machine Systems)، وفى ظروف تتطلب تخصيصًا للموارد المحدودة ".**

وعلى الرغم من أن كلاً من التعريفين يغيب عنه الشرح الدقيـق لعلـم بحـوث العمليات، فإنهما يميلان إلى التأكيـد على أن الحافـز للقيام بدراسات بحـوث العمليات هو مساندة صانع القرار فى التعامل مع المشـكلات العلميـة المعقـدة.

ويؤكد التعريفان السابقان على المنهجية العلمية. ولربما أمكن تقديم تعريف أوفق لبحوث العمليات يشير إلى رؤيتى الواقعية، وخبرتى العملية، وهو على النحو التالى:

**"بحوث العمليات هى فرع من فروع العلوم الطبيعية التى توظف المنهج العلمى لتوفير أسس المعرفة، وهو يتميز بدراسة ظواهر منظومات التشغيل، ثم تمثيل هذه المنظومات بنماذج رياضية تمثل الواقع، إما بصورة دقيقة معقدة، وإما بصورة تقريبية مبسطة. وتنطوى هذه النماذج على تحليل المتغيرات والثوابت، والأهداف والقيود، باستخدام الأساليب الرياضية والإحصائية، واستغلال إمكانات الحاسبات الآلية، للتأكد من صلاحية الاستنتاجات الناتجة من هذه النماذج، تمهيدًا لتطبيقها لمعالجة المشكلات الواقعية".**

ويمكن القول بأن مضمون " بحوث العمليات" كعلم، هو تطبيق المنهج العلمى فى مجال منظومات التشغيل. والمنهج العلمى هو عبارة عن عدة خطوات منطقية متتابعة، يجب اتخاذها عند معالجة المشكلات الواقعية. ومما هو جدير بالذكر، أن العالم الرياضى الخوارزمى له دور بارز فى وضع وتطوير ذلك المنهج فى القرن التاسع الميلادى، مما حدا بإطلاق مصطلح " الخوارزمات" على الأساليب الرياضية.

وبالرجوع إلى التعريف السالف الذكر، نجد أن بحوث العمليات لها عدة سمات رئيسية، منها ما هو على النحو التالى:

- بحوث العمليات فى مضمونها العلمى هى أسلوب من أساليب العلوم التطبيقية (Applied Science Approach) ، إذ تستخدم الأساليب العلمية من رياضيات وإحصاء وحاسبات فى تشخيص المشكلات الطبيعية، وصياغتها فى منظومات واقعية بمدخلاتها وتحويلاتها ومخرجاتها، وتمثيل هذه المنظومات بنماذج رياضية بمتغيراتها وثوابتها وأهدافها وقيودها، للحصول على استنتاجات عملية تساعد صانع القرار فى معالجة هذه المشكلات.

- بحوث العمليات فى مضمونها العلمى هى أسلوب من أساليب

المجموعات التخصصية (Specialized Grouping Approach)، إذ تتطلّب مهارات وخبرات الأخصائيين فى مختلف المجالات. ونظرًا لتعدد مجالات تطبيقها فى الصناعة والزراعة والتجارة والصحة والتعليم وغيرها، فيفضل أن يتولى فريق بحثى من الأخصائيين فى مجال المشكلة المطلوب معالجتها، مع باحثى العمليات.

• بحوث العمليات فى مضمونها العلمى هى أسلوب من أساليب الحلول المتوازنة (Balanced Solution Approach)، إذ تتبنى وجهة النظر المنسقة بين مختلف قطاعات المنظومة المتكاملة، وتسعى إلى إزالة التعارضات بين مختلف النشاطات بطريقة تجعل المنظومة المتكاملة أكثر انسجامًا وتناسقًا، كما تقود إلى حل يوازن بين متطلبات جميع القطاعات، بحيث يكون هذا الحل حلاً أمثل من بين مجمل الحلول الممكنة. فأهداف قطاعات المنظومة المختلفة فى نفس المؤسسة الإنتاجية كثيرًا ما تكون متعارضة (Diametrically Opposed). فقطاع الإنتاج يهدف إلى دورة إنتاجية طويلة لمنتج معين تفاديًا لتغيير العِدد والمرشدات والمثبتات والإسطمبات، فى حين أن قطاع التسويق يفضل توافر سلع مختلفة المواصفات والأذواق آملاً فى زيادة التوزيع، وقطاع المخازن يرى أنه كلما كان المخزون قليلاً أو صفرًا يكون أفضل تحسبًا للمسئولية، وقطاع الشئون المالية يهدف إلى زيادة معدل دوران رأس المال تخوفًا من تجمُّد الأموال؛ فى حين أن الهدف الرئيسى للمؤسسة الإنتاجية هو تعظيم الربحية.

وعند التفكير فى الدروس المستفادة من إنشاء وتطوير بحوث العمليات فى المجال العسكرى والمدنى، نستنتج بعضا من هذه الدروس التى نوجزها على النحو التالى:

• تمثل المؤسسات العسكرية أحد عوامل الدفع المهمة نحو التطور والتقدم العلمى، نظرًا لتعاملها مع متطلبات الأمن القومى، وما يتبعه من قيادة حازمة، ومناخ جدى، وتمويل سخى، مما يوفر البيئة المناسبة للبحث العلمى.

• تؤدى أوقات الشدة إلى تضافر جهود المخلصين على الرغم من تباين خلفياتهم العلمية وأنشطتهم العملية فى المجال العسكرى أو المدنى.

• تأخذ الريادة المخلصة على عاتقها حمل الشعلة حتى يخرج علم ما كبحوث

العمليات إلى حيز الوجـود، ويتطور على أسس قوية، وإصرار الـرواد علـى المضى فى تطوير علم بحوث العمليات وتوثيقه وتوسـيع مجالاتـه، وتدريـب طلابه، حتى بلغ هذا العلم مرحلة البلوغ.

• تعتمد دراسات بحوث العمليات على التفاعل والتفاهم التام بين القائمين علـى هذه الدراسات والمستفيدين منها، الأمر الذى يستدعى مراعاة الاحتياجات والقيـود التى تؤثر على طرق تحليل ومعالجة المشكلات.

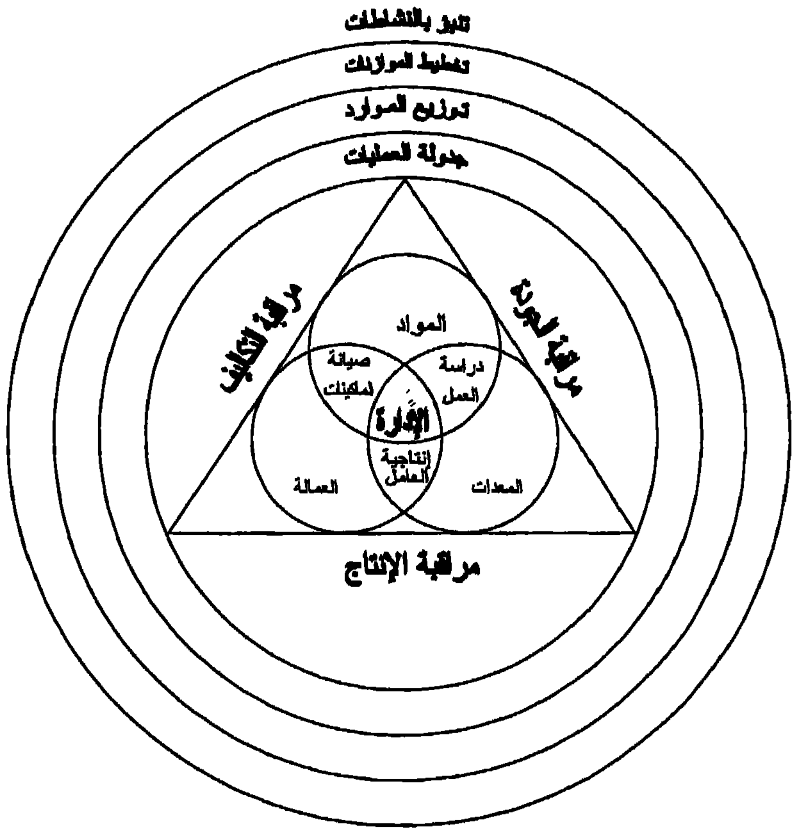
• تؤدى الحاسبات الآلية دورا رئيسيا فى تطور وانتشـار دراسـات بحـوث العمليات. فقد أدى التفاعل الإيجابى بين علوم الحاسب، وبحوث العمليات، ونظـم المعلوماتية إلى زيادة القدرات التحليلية لمعالجة المشكلات ذات الحجـم والتعقيـد والتشابك الكبير.

• تزداد استفادة الجهة المستفيدة من نتائج دراسات بحـوث العمليـات، كلمـا اقترب فريق الدراسة من أعلى المستويات من صانعى القرار.

• تعتمد معالجة المشكلات على باحثى العمليات وأخصائى منظومات التشـغيل فى المجالات المتعددة، مستخدمين فى ذلك نظم المعلوماتية التى أحدثـت ثـورة فكرية فى تطبيقات بحوث العمليات.

## مفهوم وظائف الإدارة:

تقـوم الإدارة الحديثة فى المؤسسات الإنتاجية، سـواء كـانت تصنيعيـة أو خدمية، بعدة وظائف ومهام معينة بغية تحقيق أهداف موضوعية. وتجمـع هـذه الوظائف بين تخطيط طلبات الإنتاج، وتنظيم مقومات الإنتاج، وتحليل مسـاعدات الإنتاج، ومراقبة عمليات الإنتاج. وكل من هذه الوظائف لها توابعها الفرعيـة. ويمكن توضيح العلاقة بين الوظـائف الرئيسية والمهام الفرعية فى الشكل رقـم (4 - 3). وسوف نتناول هذه الوظائف بشرح مبسط حتـى نتفـهم العلاقـة بيـن الوظائف التى تجمع التخطيط والتنظيـم والتحليـل والمراقبـة، ومـهام هـذه الوظائف، وذلك على النحو التالى:




| وظيفة التخطيط | وظيفة التنظيم | وظيفة التحليل | وظيفة المراقبة |
| --- | --- | --- | --- |
| • مهام تنوع بالنشاطات. | • مهام توفير المواد | • مهام دراسة العمل. | • مهام مراقبة التكاليف. |
| • مهام تخطيط الموازنات | • مهام تحديد المعدات. | • مهام صيانة الماكينات. | • مهام مراقبة الإنتاج |
| • مهام توزيع الموارد | • مهام تقدير العمالة. | • مهام إنتاجية العامل. | • مهام مراقبة الجودة |
| • مهام جدولة العمليات. | | | |

• شكل رقم (4 - 3): وظائف ومهام إدارية فى المنظومات الإنتاجية

**وظيفة تخطيط النشاطات (Planning Function)**. من الوظائف الرئيسية التى تساهم فى إدارة مؤسسة إنتاجية سواء كانت تصنيعية أو خدمية، عملية التخطيط التى تهتم بوضع خطط للأنشطة الدورية المتجددة على كل من المدى القصير والمدى الطويل، وذلك بتحديد الأهداف المستقبلية ووسائل تنفيذ هذه الأهداف، وتجميع البيانات الإحصائية ووسائل تقويم هذه البيانات، ووضع خطط بديلة مبنية على افتراضات مستقبلية واختيار الأنسب، وتجزئة الخطة الرئيسية إلى خطط فرعية لمختلف الأنشطة وتوقيت مدد التنفيذ، ثم متابعة وتقويم الخطة المنفذة بصفة دورية فى ضوء التوقعات الجديدة مع علاج الأخطاء التى قد تحدث. والمهام الفرعية للتحطيط الممثلة فى أربع دوائر كبيرة بالشكل، يمكن شرحها على النحو التالى على النحو التالى:

- **مهام تنبؤ بالنشاطات (Activity Forecasting)**. ترتكز عملية التخطيط على عدّة مهام، منها: التنبؤ للتعرف على الأحداث المحتملة أو المرتقبة، والتنبؤ هو تقدير مستقبلى معتمد على أسس إحصائية موضوعية، ومؤشرات استنتاجية واقعية. أما التوقع فهو تقدير مستقبلى معتمد على المقدرة الذاتية فى تطويع البيانات والمعلومات والمؤشرات، فى حين أن التخمين من أخطر ما يمكن؛ لأنه يستند على التهيؤات والتخيلات والأمنيات بدون برهان.
- **مهام تخطيط الموازنات (Capital Budgeting)**. ترتكز عملية التخطيط على عدّة مهام، منها الموازنة التى تترجم جميع الأنشطة التى تشمل الخطة إلى أرقام مالية، وتعطى قيمة الأصول المتداولة، والقيم الاستهلاكية، والتدفقات النقدية تبعًا للاحتياجات اللازمة من قوى بشرية، وخامات أولية، وأساليب إنتاجية، وكذا التوقعات المالية نتيجة المبيعات. هذا بالإضافة إلى قيم الأموال المتدفقة الشهرية، واستهلاك الأصول لحساب الضرائب السيادية.
- **مهام توزيع الموارد (Resource Allocation)**. ترتكز عملية التخطيط على عدة مهام، منها التوزيع الأمثل للموارد المتاحة على مختلف الأنشطة، بغية الوصول إلى الهدف سواء كان أقصى ربحية، أو أقل خسارة، أو أقل تكلفة، أو أعلى إنتاجية. ويمكن النظر إلى هذه العملية على أنها تخصيص عدة موارد متاحة لعدة سلع منتجة، بحيث يناسب حجم الإنتاج من كل سلعة، ويحقق هدف المؤسسة من كل منتج.

• **مهام جدولة العمليات (Process Scheduling)**. ترتكز عملية التخطيط على عدّة مهام، منها الجدولة المثلى للعمليات الإنتاجية على خطوط الإنتاج، حتى يمكن التعرف على حجم إنتاج فى فترة معينة، وبذلك يمكن حساب سعة الإنتاج فى العام مثلاً. ويراعى فى ذلك تحديد عمليات التشغيل وأزمنتها وتتابعها على الماكينات المنتجة.

**وظيفة تنظيم النشاطات (Systematization Function)**. من الوظائف الرئيسية التى تساعد فى إدارة مؤسسة إنتاجية سواء كانت تصنيعية أو خدمية، عملية التنظيم التى تهتم بالتعرف على مقومات الإنتاج حتى يمكن استخدامها الاستخدام الأمثل، وبذلك يزيد من المقدرة التنافسية فى السوق، ويزيد نسبة الربحية. وتركز الإدارة دائمًا على كفاءة أنشطة التنظيم. والمهام الفرعية للتنظيم الممثلة فى ثلاث دوائر صغيرة داخل مثلث بالشكل، يمكن شرحها على النحو التالى:

• **مهام توفير المواد (Material Inventory)**. ترتكز عملية التنظيم على عدّة مهام، منها التحديد الأمثل للمواد الأولية التى تستخدم فى إنتاج السلع المطلوبة خلال دورة زمنية معينة. وهذا يعنى أنه يجب المواءمة بين تكلفة مخزون الخامات مقابل تكلفة معينة نشأت عن توقف الإنتاج بسبب نفاد المخزون منه، وبالتالى فقدان عملاء. وبالمثل يمكن التعرف على المخزون من المنتجات النصف مصنّعة، والمنتجات التامة الصنع.

• **مهام تحديد المعدات (Equipment Determination)**. ترتكز عملية التنظيم على عدّة مهام، منها التحديد الأمثل للمعدات وخطوط الإنتاج التى تستخدم فى إنتاج حجم معين من السلع المطلوبة، مراعيًا فى ذلك التقنية المستخدمة، والإمكانات المتاحة. ويتطلب هذا تحديد معدلات الإنتاج.

• **مهام تقدير العمالة (Manpower Estimation)**. ترتكز عملية التنظيم على عدّة مهام، منها التحديد الأمثل للموارد البشرية المطلوبة لتحقيق الخطة، أى أداء حجم معين من الأعمال خلال فترة زمنية محددة، وكذا تحديد المتطلبات من أعداد ومهارات وخبرات وإمكانات الأفراد التى يجب توافرها، حتى يمكن القيام بالنشاطات المطلوبة. ويتطلب هذا تحديد المواصفات الاجتماعية والنفسية المناسبة التى تجعل العامل أكثر استعداداً ورغبة فى أداء الأنشطة المطلوبة.

**وظيفة تحليل النشاطات (Analysis Function)**: من الوظائف الرئيسية

التى تساهم فى إدارة مؤسسة إنتاجية سواء كانت تصنيعية أو خدمية، عملية التحليل التى تهتم بدراسة وقياس العمل، وصيانة وإصلاح الماكينات، وكفاءة وإنتاجية العامل. والمهام الفرعية للتحليل الممثلة فى تقاطع كل دائرتين من الدوائر الثلاث الصغيرة بالشكل، يمكن شرحها على النحو التالى:

- **مهام دراسة العمل (Work Study)**. ترتكز عملية التحليل على عدّة مهام، منها تحليل العمليات الحالية والمستحدثة عن طريق تسجيل طرق التشغيل الحالية، ثم تطويرها بهدف تقليل مجهود العامل، وتخفيض وقت التشغيل، وبالتالى تقليل التكلفة. والعمليات التكرارية الكثيرة العمالة يمكن تحسين طرق تشغيلها. كما أنه يمكن قياس العمل بعد اختبار عملية التحسين، حتى يمكن تحديد معدلات الإنتاج.

- **مهام صيانة الماكينات (Machine Maintenance)**. ترتكز عملية التحليل على عدّة مهام، منها تحليل عمليات الصيانة الوقائية الدورية، والإصلاح عند التوقف عن الإنتاج. ومن العوامل الضرورية التى توجب عمل برنامج صيانة وقائية مؤثرة، مراعاة معامل الأمان، واعتمادية المعدات، واستقرار العمالة، واقتصاديات التشغيل. كما أنه يمكن وضع سياسات لعمليات الصيانة والإصلاح على أساس التكلفة.

- **مهام إنتاجية العامل (Labor Productivity)**. ترتكز عملية التحليل على عدّة مهام، منها تحليل إنتاجية العامل التى عادة ما تقاس بالاستخدام المؤثر للمواد التى تنتج سلع أو خدمات، أى أن نسبة قيمة النواتج إلى قيمة المقومات يجب أن تكون أكثر من واحد صحيح، حتى تكون المنظومة مربحة. كما أن قيمة المخرجات تحدد بواسطة المستهلكين فى السوق، أما تكلفة المدخلات فهى تُحدد أكثر بواسطة الموردين.

**وظيفة مراقبة النشاطات (Control Function)**. من الوظائف الرئيسية التى تساهم فى إدارة مؤسسة إنتاجية سواء كانت تصنيعية أو خدمية، عملية المراقبة التى تهتم بمراقبة عناصر تكلفة الإنتاج، ومراقبة الجودة، مع الالتزام بزيادة الإنتاجية دون التضحية بالجودة، والالتزام التام بمواعيد الإنتاج وتسليم المنتجات، وكذا الالتزام برضاء العملاء نتيجة انخفاض التكلفة، وتحسين الجودة، وزيادة المقدرة التنافسية. والمهام الفرعية للمراقبة الممثلة فى أضلاع المثلث بالشكل، يمكن شرحها على النحو التالى:

• **مهام مراقبة التكاليف (Cost Control)**. ترتكز عملية المراقبة على عدّة مهام، منها وضع التكاليف المعيارية (Standard Costs) التى تحسب على أساس معدل الخامات والعمالة والنفقات، ومقارنتها بالتكاليف الحقيقية (Actual Costs)، مع وضع سياسة لترشيد عناصر التكلفة، وضغط النفقات غير المباشرة على مستوى المؤسسة الإنتاجية ككل.

• **مهام مراقبة الإنتاج (Production Control)**. ترتكز عملية المراقبة على عدّة مهام، منها وضع السياسات التى تحدد معدلات الإنتاج، وتحقيق اعتمادية المنظومة الإنتاجية لضمان إنتاج الكمية المخططة، وتحديد حجم العمالة، وتطبيق مبدإ الساعات الإضافية والحوافز لرفع حجم الإنتاج.

• **مهام مراقبة الجودة (Quality Control)**. ترتكز عملية المراقبة على عدّة مهام منها، تحديد مستوى الجودة لمواصفات المنتج الذى يطلبه العملاء، خلال مرحلة التصميم الهندسى للمنتج ليفى بأهداف التسويق، وخلال مراحل الإنتاج للمواد الأولية وعمليات التشغيل، وخلال مراحل الاستعمال للضمان ضد الصناعة والأداء.

وبالرجوع إلى الشكل رقم (4-3) الذى يوضح وظائف ومهام الإدارة، نجد أن المساحة الناتجة عن تقاطع الدوائر الثلاث داخل المثلث، تمثل الإدارة العليا، وهى العقل المدبر الذى يخطط وينظم ويحلل ويراقب مختلف الأنشطة فى المؤسسة الإنتاجية، وتتخذ القرارات التى تؤثر تأثيرًا مباشرًا وفعالاً على هذه الأنشطة، وتعرف علميًا بالنطفة (Sperm).

# الفصل الثالث: إيجابيات تدعيم القرار

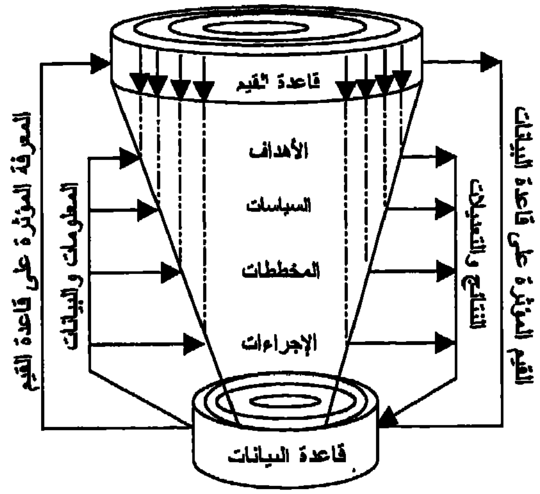
الإنسان مهما كان مستوى مركزه، أو نوع عمله، فإنه يمارس عادة صناعة القرار. فالمدير يختار أنسب أسلوب للفوز بشريحة من السوق أكبر من شريحة أيٍ من منافسيه، والمهندس يختار أنسب أسلوب تشغيل خطوط الإنتاج حتى يزيد من إنتاجيته، والتاجر يختار أفضل السلع للمتاجرة فيها والحصول على أكبر ربحية، وسيدة المنزل تختار أنسب الطعام لتطعم أفراد أسرتها بأقل تكلفة، وعامل النظافة يحتار أنسب الطرق لتنظيف الشارع بأقل مجهود.

وصنع القرار ـ لمعالجة مشكلة معينة أو للخروج من موقف متأزم ـ ما هو إلا عملية اختيار بين البدائل المطروحة، وبالتالي فإنه يخضع لأسلوب علمي يستلزم عدة إجراءات تنظيمية تضم مجموع الإجراءات التي تتخذ لخلق بدائل متباينة، ومجموع الأساليب التي تراعي لتقويم هذه البدائل، ومجموع العوائد التي تساعد على اختيار الأنسب.

وقد أصبحت عملية صنع القرار عملية صعبة التحقيق وباهظة الثمن في عصر يتسم بالتقدم السريع؛ لأنه أصبح عالم المعرفة السريعة، والمعلومات المتفجرة، والتقنية المستحدثة، والحياة المعقدة، والمخاطر المكلفة. فالقرارات التي كانت تستند إلى أساليب الحدس الشخصي، أو الحظ الاحتمالي، أو التخمين الفكري، أو المبني على التجربة والخطإ (Trial & Error Decision)، أو الحالة المزاجية لصانع القرار، أو الإفتاء الفردي بمعنى أنه يقعد على "المصطبة" ويفتي (Hunch Decision)، كل هذا لم يعد يصنع قراراً رشيدًا، مما يسبب في ضياع فرص ثمينة، وتكلفة باهظة في الجهد والوقت والمال. فأصبحت هذه الأساليب لا تحظى بالترحيب في صنع القرارات.

وصنع القرار الرشيد أصبح يقتضي قدرا كبيرا من البيانات والمعلومات، وتحديدا كاملا للثوابت والمتغيرات، وتحليلا دقيقا للسياسات والإستراتيجيات، وحسابا احتماليا للمخاطر والأضرار، ومعالجة علمية للبدائل والاختيارات. ويتأتى هذا عن طريق إجراء السيناريوهات، وتصميم المنظومات، وتحديد السياسات، ودراسة المتغيرات، وتحليل المخاطر، ووضع الإستراتيجيات. والشكل رقم (5 - 3) : يوضح تدفق المعلومات لصنع القرار عن طريق تناغم قاعدة

البيانات مع قاعدة القيم من خلال تحديد الأهداف والسياسات والمخططات والإجراءات. ويلاحظ أن قاعدة البيانات تشكل الأساس في صنع القرار على جميع المستويات، في حين أن قاعدة القيم تؤثر على أهداف المؤسسة وسياساتها ومخططاتها وإجراءاتها.




شكل رقم (5 - 3) : تدفق المعلومات لصنع القرار

والعامل الشخصي يؤثر عادة فى صنع القرار، حيث إنه مهما تقدمت التقنيات، واستخدمت الحاسبات، فإن تحليل المعلومات، وتحديد المتغيرات، وإجراء السيناريوهات، واختيار البدائل، وتحليل المخاطر، كل ذلك يعتمد أساسا على العامل الشخصي. أما التقنيات والحاسبات فما هما إلا وسائط تتسم بدقة المعالجات التحليلية، وسرعة الحصول على النتائج لدعم الإدارة فى صنع القرار.

## مفهوم نماذج القرارات:

تعد كمية ونوعية المعلومات المتوافرة لاحتمال حدوث البدائل الممكنة هى الأساس المشترك فى تصنيف القرارات. فهناك نماذج متعددة تستخدم فى صناعة القرار وهى: قرارات فى حالات محددة، وقرارات فى حالات احتمالية، وقرارات فى حالات عشوائية. ويمكن توضيح نماذج هذه القرارات مع تقديم مثال لكل حالة من هذه الحالات، على النحو التالى:

**قرارات فى حالات مؤكــدة (Decision-Making under Certainty).**

وهى قرارات محددة لا تحمل أى مخاطر، وهى تصنع على أســاس معلومــات مؤكدة، بدون تحمل أى مخاطر، ويتلخص عمل صانع القرار فى مقارنة جميــع البدائل، واختيار الأفضل أو الأنسب وفقًا لمقياس الفعاليـــة، وتعــرف رياضيًــا بالقرارات المحددة (Deterministic Decisions).

ويمكن توضيح الفكرة بمثال عددى بسيط، إذ نفترض وجـــود ثلاثـــة فنييــن X,Y,Z، كل منهم ذو مهارة معينة، ويمكنهم إصلاح ثلاثة أجـــهزة A,B,C بـــها أعطال مختلفة. والجدول يبين الوقت الذى يستغرقه كل من الفنيين فى إصلاح أى جهاز، بحيث إن كل فنى سيكلف بإصلاح جهاز واحد فقـــط، بشـــرط أن يكـــون إجمالى تكلفة الإصلاح أقل ما يمكن.

| | الأجهـــــزة | | |
|---|---|---|---|
| الفنيون | A | B | C |
| X | 3 | 7 | 4 |
| Y | 4 | 6 | 6 |
| Z | 3 | 8 | 5 |

مع مراعاة أنه إذا تم تكليف الفنى X لإصلاح الجهاز A مثـــلاً، ســيرمز لــها (X,A)، وعليه يمكن سرد البدائل التالية:

| البدائـــــل | | البدائل المتباينة | مقياس الفعالية |
|---|---|---|---|
| البديــــل الأول | : | (X,A) , (Y,B) , (Z,C) | 14 = 5 + 6 + 3 |
| البديل الثـــانى | : | (X,A) , (Y,C) , (Z,B) | 17 = 8 + 6 + 3 |
| البديل الثالـــث | : | (X,B) , (Y,A) , (Z,C) | 16 = 5 + 4 + 7 |
| البديل الرابـــع | : | (X,B) , (Y,C) , (Z,A) | 16 = 3 + 6 + 7 |
| البديل الخـــامس | : | (X,C) , (Y,B) , (Z,A) | 13 = 3 + 6 + 4 |
| البديل الســادس | : | (X,C) , (Y,A) , (Z,B) | 16 = 8 + 4 + 4 |

يتضح من ذلك أن الحل الأمثل هو البديل الخامس، وهو بمقياس فعالية 13 ساعة.

**قــرارات فى حـــالات مخـــاطرة (Decision-Making under Risk) .**

قرارات احتمالية، تحمل مخاطرة محسوبة، تصنع على أساس معلومات احتماليـــة،

مع إمكانية التنبؤ بالاحتمالات التى قد تحدث. ويتلخص عمل صانع القـــرار فـــى تقدير درجة احتمال حدوث كل بديل، مع تحمل مخاطـــر محســـوبة، ثـــم مقارنـــة البدائل بدلالة التوزيع الاحتمالى، واختيار الأفضل أو الأنسب وفقًا لمقاييس متعـــددة الفعالية، وتعرف رياضيًا بالقرارات الاحتمالية (Probabilistic Decisions).

ويمكن توضيح الفكرة بمثال عددى بسيط، إذ نفترض أن أمام إحدى شـــركات الاستثمار ثلاث فرص للاستثمار فى الأسهم. ونظرًا لأن الوضع الاقتصادى غـير مستقر،يوجد احتمال حدوث تضخم $P_1 = 0.2$، واحتمال حدوث نمو $P_2 = 0.5$، واحتمال حدوث ركود $P_3 = 0.3$. كما دلت الدراسات على أن الأرباح الناتجـــة من بيع الأسهم موضحة فى الجدول كنسب مئوية. والمطلوب إيجاد أفضل البدائـل وفقًا لمعيار أكبر قيمة متوقعة.

| $P_i$ | $P_3 = 0.3$ | $P_2 = 0.5$ | $P_1 = 0.2$ |
|---|---|---|---|
| البدائل | حالة ركود | حالة نمو | حالة تضخم |
| $a_1$ | 8.0 | 12.0 | 7.0 |
| $a_2$ | 10.0 | 25.0 | - 2.0 |
| $a_3$ | 8.5 | 16.5 | 6.5 |

مع مراعاة أن العائد المتوقع لكل بديل $E(a_i)$ يحسب على النحو التالى:

$$E(a_1) = 8.0\,(0.3) + 12.0\,(0.5) + (7.0)\,(0.2) = \%\ 9.8$$
$$E(a_2) = 10.0\,(0.3) + 25.0\,(0.5) + (-2.0)\,(0.2) = \boxed{\%\ 15.1}$$
$$E(a_3) = 8.5\,(0.3) + 16.5\,(0.5) + (6.5)\,(0.2) = \%\ 12.1$$

يتضح من ذلك أن الحل الأمثل هو البديل الثانى، وهو بربحية متوقعة 15.1 %.

وقد تم حل المثال السابق باستخدام معيار القيمـــة المتوقعـــة للبدائـــل المختلفـــة (Expected Pay-off Criterion). كما يمكن استخدام معيـــــار القيمـــة المتوقعـــة لخسارة الفرص (Expected Opportunity Loss Cirterion)، الذى يسمى أيضا معيار الندم (Regret Criterion)، وكذا معيار الحالات الأكـــثر وقوعـــا (Most

Probable States Criterion). وأفضل البدائل هو البديل الثـــانى أيضًـــا بمعيـــار القيمة المتوقعة لخسارة الفرص، والبديل الثالث بمعيار الحالات الأكثر وقوعًا.

**قــرارات فــى حــالات غــير مؤكــدة (Decision-Making under Uncertainty).** قرارات عشوائية، تصنع على أساس معلومات غير مؤكدة، مــع عدم إمكانية التنبؤ بالاحتمالات التى قد تحدث بشكل مفاجئ مثل ارتفاع أســـعار البترول عام 1973، وعدم تواجد معيار وحيد يختار بموجبه أنســـب أو أفضـــل البدائل، بل يوجد عدة معايير كلٌ له تبريراته الخاصـــة بـــه، وتعـــرف رياضيًـــا بالقرارات العشوائية (Stochastic Decision).

ويمكن توضيح الفكرة بمثال عددى بسيط، إذ نفترض أن شركة إعلانات لديــها ثلاثة برامج للإعلان. وتوجد فى السوق ثلاث حالات متوقعة: $S_1$ وهـــى حالـــة ارتفاع فى الأسعار، $S_2$ وهى حالة انخفاض فى الأسعار، $S_3$ وهى حالة ثبات فـــى الأسعار. والجدول يبين تقدير الأرباح الممكنة للبرامج الثلاثة.

| | الأرباح الممكنة | | |
|---|---|---|---|
| البدائل | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ |
| $a_1$ | 3 | 6 | - 1 |
| $a_2$ | 8 | 5 | 4 |
| $a_3$ | - 4 | 7 | 12 |

مع مراعاة أن العائد المتوقع لكل بديل $E(a_i)$ يحسب على النحو التالى:

$$E(a_1) = \tfrac{1}{3}[3 + 6 + (-1)] = \tfrac{8}{3}$$

$$E(a_2) = \tfrac{1}{3}[8 + 5 + 4] = \boxed{\tfrac{17}{3}}$$

$$E(a_3) = \tfrac{1}{3}[(-4) + 7 + 12] = \tfrac{15}{3}$$

يتضح من ذلك أن الحل الأمثل هو البديل الثانى لأنه يملك أكبر ربحية متوقعة $\tfrac{17}{3}$.

وقد تم هذا الحل باستخدام معيار لابلاس (Laplace Criterion). كما يمكـــن استخدام معايير أخـــرى مثـــل معيـــار التشـــاؤم (Pessimistic Criterion)، بالإضافة إلى معيار التفـــاؤل (Optimistic Criterion)، ومعيـــار هورويـــتز (Hurwiez Criterion)، ومعيار سافيج (Savage Criterion). والبديل الثـــانى هو الأفضل بجميع المعايير، ما عدا معيار التفاؤل، فالبديل الثالث هو الأفضل.

## مفهوم أساليب القرارات:

أجريت دراسات وبحوث علمية عديدة عن أنسب الأساليب وأفضل الطرق التى تستخدم فى صنع القرارات. فالإدارة العلمية الحديثة تحتاج إلى خبرات تخصصية، ومهارات مميزة، وقدرات مبتكرة، وحواس منبهة، فى صنع القرار المنطقى الرشيد الذى يحتمل أقل قدر ممكن من المخاطر. لذلك تستند الإدارة عامة – عند اتخاذ قرار ما – إلى عدة أساليب منها: أساليب كيفية، وأساليب كمية، وأساليب علمية. وعند تطبيق هذه الأساليب، قد يغلب على صانع القرار أسلوب واحد أو أكثر وذلك تبعًا للحالة أو الموقف الذى يواجهه. ولا يعنى أن هذه الأساليب مطلقة، أو أن لكل صانع قرار أسلوبًا بعينه، وقد يكون لصانع القرار أكثر من أسلوب، ولكن يختلف تبعًا لمجموعة من المبادئ والمفاهيم عن غيره. ويمكن توضيح أساليب صنع القرار على النحو التالى:

**أساليب كيفية (Qualitative Approaches)**. يُصنَع القرار بالإحساس والخبرة. فعند الاعتماد على الذكاء الفطرى، والخبرة السابقة، والإحساس الشخصى، عادة ما تؤخذ القرارات بطرق عفوية (Hunch Decisions).

**أساليب كمية (Quantitative Approaches)**. يصنع القرار بالفحص والدراسة. فبالبحث عن الحقائق، والجمع للمعلومات، يمكن ترتيب الأفكار للوصول من الأسباب إلى النتائج، مع محاولة إيجاد علاقات تفسر ظواهر المشكلات، ثم الوصول إلى القرار بعد تقويم البدائل، مستخدما نماذج بحوث العمليات (Operations Research).

**أساليب علمية (Scientific Approaches)**. يصنع القرار بمزيج من الدراسة والإحساس، أى مزج الدراسة العلمية بالخبرة العملية. وتجمع بين الأساليب الكيفية والأساليب الكمية، مستخدما فى ذلك علوم الإدارة العلمية الحديثة(Management Sciences).

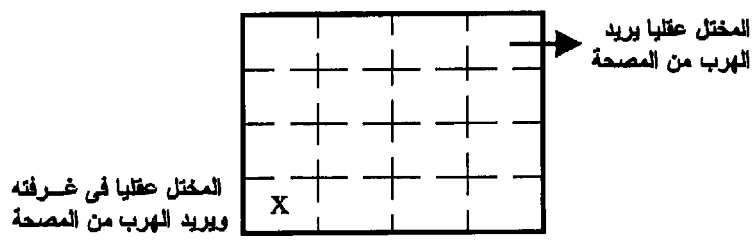
## مفهوم أنماط القرارات:

أصبحت مشكلات العصر من التعقيد بحيث يصعب معالجتها بنمط معين من التفكير، لأن أى مشكلة تتضمن جوانب عديدة منها الجانب الاقتصادى أو الاجتماعى أو التقنى أو السياسى أو الإستراتيجى، وكلها مترابطة ومتغيرة بتغير

المستوى الثقافى والحضارى والاجتماعى لمجتمع ما، فيصبح من الخطورة بمكان الاعتماد على فرد أو مجموعة صغيرة لا تضم إلا تخصصات وقدرات محدودة لصنع القرار. كما أن القرار الفردى محفوف بالمخاطر، واحتمالات خطئه تعادل احتمالات صوابه، ومن العبث تعريض مصيرما لاحتمال مقداره خمسون بالمائة. ويمكن إبراز بعض الأنماط الأساسية التى تستخدم فى حل المشكلات، وتقديم أمثلة لتوضيح هذه الأنماط، وهى على النحو التالى:

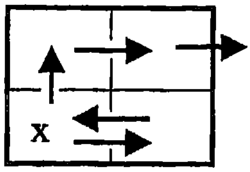
**نمط تخليقى (Synthetic Concept).** يستخدم هذا النمط الأصل مع المهارية فى ابتكار منظومة مبسطة مشابهة للأصل، محاولاً مواءمتها فى تكوينة واحدة جديدة، مما يساعد على إمكانية التوصل إلى أسلوب المعالجة، حتى يمكن تطبيقه على الأصل، وبذلك يمكن الوصول إلى قرارات منطقية للتطبيق دون مخاطر.

ومثال ذلك أن أحد المختلين عقليًا وضع فى غرفة منفردة بإحدى المصحات النفسية التى تتكون من 16 غرفة كما فى الشكل رقم (6 - 3)، ويقطن المصحة 16 من المختلين عقليًا، أى أن كل شخص يقطن منفرداً فى غرفة. وكل غرفة لها أبواب مفتوحة على كل الغرف المجاورة. وتصادف أن هذا المختل يقطن فى أقصى غرفة بالمصحة، وهى ما يُرمز لها بالحرف "x" فى الشكل. وعندما أراد هذا المختل أن يهرب من المصحة، فكر فى فكرة شيطانية، وهى أن عليه قتل نزيل الغرفة التى يمر بها. أما إذا اضطر إلى العودة إلى غرفة ما ووجد نزيلها مقتولاً فإنه يغمى عليه. والمطلوب إيجاد حل لكيفية هروبه بعد أن يمر فى جميع الغرف، ويقتل نزيل كل غرفة، وبشرط عدم عودته لأى غرفة بها مقتول.

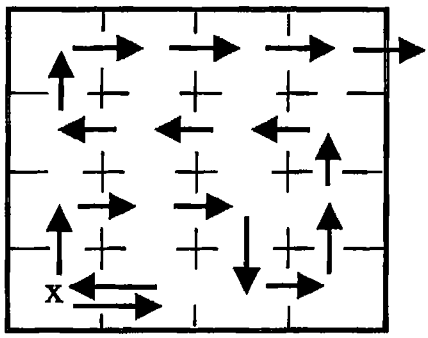



شكل رقم (6 - 3) : مبنى مصحة نفسية للمختلين عقليًا

وبمحاولة إيجاد حل مباشر لهذه المشكلة المعقدة، فإنه يمكن تخليق مشكلة مشابهة مبسطة كمصحة بها 4 غرف فقط حتى يمكن أن نهتدى إلى أسلوب الحل بوضوح.




ومن هذا المثال، يظهر أسلوب الحل جلياً. فالفكرة هى أن المختل عقلياً الـذى يقطن الغرفة "x" يدخل الغرفة المجاورة، ويقتل نزيل هذه الغرفة، ثم يعـود إلـى غرفته الخالية، فلن يغمى عليه لعدم وجود أحد بها، ثم يخرج منها إلـى الغرفـة الأخرى المجاورة ليقتل نزيل هذه الغرفة، ثم ينتقل إلى مدخل المصحـة ليخـرج منها. فعند تطبيق هذه الفكرة على المشكلة الأصلية، يكون مسار هرب المختـل عقلياً من غرفته "x " على النحو التالى:




مع مراعاة أن الفكرة الأساسية هى أنه يقتل النزيل فى الغرفة المجاورة ثم يعـود إلى غرفته الأصلية، ثم يبدأ فى التحرك بعد ذلك من غرفة إلى غرفة أخـرى، بشرط عدم العودة إلى أى غرفة كان قد مر بها من قبل.

**نمط تحليلى (Analytic Concept)**. يستخدم هذا النمط المنطق مع المنهجية فى تحليل المعلومات الإحصائية، وتحديـد العلاقـات الرياضيـة بيـن مختلـف المتغيرات، واستخدام النظريات الملائمة، حتى يمكن الوصول إلى قرارات رشـيدة صالحة للتطبيق دون مخاطر.

ومثال ذلك أن أحد المواطنين يخاف من السفر جـوا، وأراد أن يسـافر مـن القاهرة إلى روما عاصمة إيطاليا. وعندما بحث لـدى شـركات الطـيران عـن رحلاتها الجوية، وجد أن إحدى شركات الطيران تقدم رحلة بطائرة مزودة بأربعة محركات، ويمكنها أن تطير بثلاثة محركات إذا تعطل أحدهـا، ووجـد شـركة طيران أخرى تقدم رحلة بطائرة مزودة بمحركين فقط، ولن تتمكن الطائرة مـن

الطيران بأقل من محركين. والمطلوب التعرف على الطائرة الأكثر أمانا. والشكل رقم (7 - 3) يوضح طائرة مزودة بمحركين وأخرى بأربعة محركات.



طائرة بأربعة محركات　　　　طائرة بمحركين

شكل رقم (7 - 3) : طائرة بمحركين وأخرى بأربع محركات

ويمكن التعرف على الطائرة الأكثر أمانا، بتحديد المخاطر عند ركوب أى من الطائرتين، وذلك بحساب الاحتمالات لكل منهما على النحو التالى:

**احتمال رحلة ناجحة على الطائرة ذات المحركات الأربعة:**

[احتمال رحلة ناجحة] = [احتمال 4 محركات عاملة] + [احتمال 3 محركات عاملة]

$$= p^4 + 4p^3(1-p)$$

**احتمال رحلة ناجحة على الطائرة ذات المحركين:**

[احتمال رحلة ناجحة] = [احتمال محركين عاملين] $= p^2$

حيث إن

$p$ = احتمال عمل محرك واحد

$(1-p)$ = احتمال عطل محرك واحد

وبتبسيط هذه المعادلات، نصل إلى النتيجة التالية :

$$4p^3(1-p) + p^4 \gtreqless p^2$$

$$3p^2 - 4p + 1 \lesseqgtr 0$$

$$(3p-1)(p-1) \leq 0$$

فإما أن نحصل على هذه العلاقة، وهذا مستحيل لأن الاحتمالات لا تزيد على واحد.

$p \geq 1$ و $p \leq {}^{1}/_{3}$

أو على هذه العلاقة، وهذا ممكن لأن قيم الاحتمالات ما بين الثلث والواحد الصحيح.

$p \leq 1$ و $p \geq {}^{1}/_{3}$

وبذلك نستخلص النتيجة من الأسلوب التحليلى على النحو التالى:

- اركب الطائرة ذات المحركين إذا كان $^{1}/_{3} \leq p \leq 1$
- اركب الطائرة ذات المحركات الأربعة إذا كان: $0 \leq p \leq {}^{1}/_{3}$

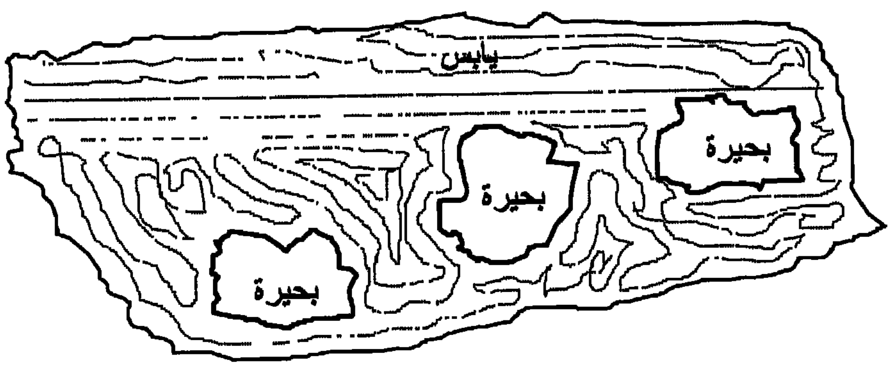
وهذا يعنى أنه يجب استخدام الطائرة ذات المحركين كلما زادت قيم إحتمالات رحلة ناجحة. أما الأسلوب البديهى فنستخلص منه النتيجة التالية:

- اركب الطائرة ذات المحركين إذا كان : $0 \leq p \leq {}^{1}/_{3}$
- اركب الطائرة ذات المحركات الأربعة إذا كان: $^{1}/_{3} \leq p \leq 1$

أى يجب استخدام الطائرة ذات المحركات الأربعة كلما زادت قيم احتمالات رحلة ناجحة.

**نمط واقعى (Pragmatic Concept)**. يستخدم هذا النمط الحقائق الموضوعية فى إيجاد الوسائل العملية البسيطة التى تتطلب مجهودا أقل، ووقتا أقصر، لاستخلاص النتائج المعقولة، وبذلك يمكن الوصول إلى قرارات واقعية بأقل المخاطر.

ومثال ذلك، توجد خريطة تمثل جزيرة بها عدة بحيرات، والمطلوب معرفة نسبة مساحة المياه إلى مساحة اليابس الموضحة فى الشكل (8 – 3) .




شكل رقم (8 - 3) : جزيرة مكونة من يابس وبحيرات

وبمحاولة إيجاد طريقة للحصول على نسبة مساحة المياه إلى مساحة اليـــابس، يمكن استخدام إحدى هذه الطرق العملية البديلة، وهى على النحو التالى:

- تستخدم عجلة معدنية، وتمرر على محيط كل بحـــيرة ثـم علــى محيــط الجزيرة، واحتساب النسبة على أساس أطـــوال محيطـــات كــل مــن الجزيـــرة والبحيرات.
- يستخدم ورق مربعات شفاف، ويوضع على الخريطة، ثم عَدّ المربعات لكـل مساحة من مساحات البحيرات ومساحة الجزيرة، وبذلك يمكن حساب النسب.
- يستخدم صاج خفيف من الصلب معروف كثافته، ويشكل على هيئة إطـــار الجزيرة، ثم يُفرَّغ الصاج من مساحات البحيرات، ويوزن صاج الجزيرة مفرغـــة من البحيرات، وتوزن البحيرات بعد تفريغها، ثم تحسب النسبة.
- يستخدم بندول يتحرك يميناً حتى آخر الجزيرة من جهة وشمالاً حتى آخـــر الجزيرة من الجهة الأخرى، ثم يقاس الوقت بمعرفـــة الزاويـــة وطـــول عمـــود البندول.

أما الحل العملى السريع الذى يتمثل فى تعليق خريطة الجزيرة على الحـــائط، فيمكن توضيحه فى الشكل رقم(9 - 3).



شكل رقم (9 - 3) : لوحة التصويب بالسهام

ويبتعد الشخص عن الخريطة حوالى ثلاثة أمتار، ويرمى عدَّة  أسهم فـــى تجـــاه الخريطة بطريقة عشوائية، ثم يعد عدد السهام التى انغرزت فى اليـــابس، وعـــدد السهام التى وقعت فى البحيرات، وبالتالى يحسب النسبة.

# الباب الرابع

# فلسـفة نمذجـة الإدارة

الفصل الأول : إجـراءات تشخيص المشكلة .

الفصل الثانى : إجـراءات تشـكيل المنظومة.

الفصل الثالث : إجـراءات تمثيـل النمـوذج.

# الباب الرابع

# فلسفة نمذجة الإدارة

نمذجة الإدارة ما هى إلا تطبيق ابتكارى للعلوم الرياضية والإنسانية لبناء وتطوير نماذج رياضية تمثل واقع المنظومات الخاضعة للدراسة، وذلك لاستخلاص حلول مقنعة، يمكن تطبيقها فى معالجة المشكلات.

ونظرة عميقة إلى أساليب معالجة المشكلات التى قد تحدث فى بعض النشاطات، تكشف عن قصور فى إيجاد حلول مطلقة لهذه المشكلات، لذلك فمن الأصوب استخدام بعض الأساليب التحليلية لمعالجة المشكلات حتى يمكن السيطرة عليها والتحكم فى أدائها.

هذا ما تَوصلْتُ إليه عن فلسفة معالجة المشكلات، بعد خبرة تجاوزت الأربعين عامًا كحلال مشكلات (Problem Solver) فى المجال الصناعى والأكاديمى والاستشارى. فإننى أومن بأن معالجة ــ وليس حل ــ المشكلة ما هى إلا تمرين عملى يساعد باحثى العمليات فى التعرف على المشكلة (Problem Definition)، وتشخيصها (Problem Diagnosis)، عن طريق تفهم مظاهر وأسباب الخلل بها، ثم صياغة هذه المشكلة فى منظومة علمية (System Formulation)، وتحليلها منطقيًا (System Analysis) بعد تحديد مدخلاتها ومخرجاتها وعمليات تحويل مقوماتها إلى نواتج ذات قيم مضافة، ثم تمثيل هذه المنظمة بنموذج رياضى (Model Representation) إن أمكن، وحله رياضيًّا (Mathematical Solution) عن طريق تحديد متغيراته وثوابته وقيوده وأهدافه. فإذا تم إيجاد حل للنموذج، فمن الضرورى اختباره (Model Testing) للتأكد من صلاحية الحل (Solution Validity)، تمهيدًا لتطبيقه (Model Implementation) بتصرف على المشكلة ذاتها. وتستمر المراجعة والمتابعة للتحقق من دقة الحلول المستنتجة من النموذج، بمقارنتها بملاحظات ميدانية عن سلوك أداء المشكلة، وهذا ما يعرف بالتغذية المرتدة (Feedback).

هذه هى الطريقة العلمية (Scientific Method) التى تسمى بحوث العمليات

(Operations Research)، وهى عبارة عن عدة خطوات متتابعة كما أسلفنا، وتطبق عند معالجة أى مشكلة من المشكلات. وقد كان للعالم الرياضى الخوارزمى دور بارز فى وضع وتطوير هذه الطريقة. وفى معرض حديثى عن الطريقة العلمية فى محاضراتى، فإنى أشبه الإدارة العليا ــ وهى صانعة القرار ــ بقائد العربة " الحنطور " الذى يمسك "باللجام"، ويحاول أن يحركه يمينًا ويسارًا، ويجذبه تارة ويرخيه تارة أخرى، محاولاً معالجة المواقف التى قد يتسبب فيها الحصان، من جراء سلوكه وتصرفاته أثناء سيره، وذلك للسيطرة على حركاته، والتحكم فى أدائه، ومعالجة هذه التصرفات بحكمة بالغة.

ومعالجة المشكلات تأخذ عدة اتجاهات فكرية، منها: معالجة المشكلة على أساس تبسيط الواقع العملى لتتناسب مع إحدى النماذج الرياضية النمطية المتوافرة، أى تعتمد على الأسلوب نفسه، أو معالجة المشكلة على أساس تقبل الواقع العملى، أى تعتمد على المشكلة ذاتها دون فرض شروط لتبسيط الواقع. ويمكن شرح الاتجاهين على النحو التالى:

**معالجة المشكلة مستخدمًا الأسلوب (Technique-Oriented Approach).**

يؤهل هذا الاتجاه الفكرى باحثى العمليات ذوى الخبرة والإلمام الكافى بنماذج وأساليب بحوث العمليات الرياضية، لوضع المشكلات العملية فى قوالب نماذج رياضية معينة لا تتناسب بالضرورة مع احتياجات معالجة هذه المشكلات، أى تفصيل المشكلة لتناسب أحد النماذج الرياضية المتوافرة، تمهيدًا لحله بأحد الأساليب المعروفة. وهذا الاتجاه الفكرى به قصور وعيوب لعدة أسباب، منها أن النماذج الرياضية عادة ما تكون قاصرة عن أن تأخذ فى الحسبان جميع وقائع وروافد المشكلة الواقعية، مما ينتج عنه أن هذا النموذج لا يمثل الواقع. فالفروض والشروط توضع عادة لتبسيط الواقع، كى يتلاءم مع نموذج من نماذج بحوث العمليات النمطية، وهذا ينتج عنه ــ عند حله ــ حلول لمشكلة قد تكون بعيدة كل البعد عن المشكلة الواقعية ذاتها.

**معالجة المشكلة مستخدماً الواقع (Problem - Oriented Approach).**

يؤهل هذا الاتجاه الفكرى باحثى العمليات لتحليل المشكلة بكل جوانبها من منظور

المنظومات، مع عدم فرض شروط أو فروض لتلائم أسلوبا رياضيا معينـا، مـع العلم بأن تشخيص المشكلة وتحليل الواقع قد يؤديان إلى صياغة منظومة ممثلـة للمشكلة تمثيلاً دقيقًا. وقد يقود ذلك إلى حل مناسب دون اللجوء إلى اسـتخدام أى أسلوب رياضى.

ويحدث أحيانًا وجود عوامل طبيعية قد تجعل من غير الممكن تمثيل نمـوذج طبق الأصل للواقع، بسبب عدم إمكانية تقويم جميع المتغيرات، فتضيـق عمليـة التمثيل على عدد معين من المتغيرات والقيود، وتزداد متطلبـات النمـوذج مـن بيانات ومعلومات، حسب مدى تعقد النموذج المطلوب الذى قد يرفع مـن تكلفـة إيجاد حل للمشكلة، مما قد يؤدى إلى التخمين لبعض العلاقـات بيـن العوامـل والعناصر المختلفة.

والاتجاه الفكرى المفضل هو الأسلوب الواقعى، بالرغم من كبر حجم المشكلة، وتعقـد المكونات، وتشـابك العناصر، وذلك نظـرًا للتطور الملحوظ فى مجـال الحاسبات (Computer Technology) من زيادة سرعة التشـغيل (Operating Speed)، وكبر حجم التخزين (Storing Size)، ونظم المعلومات (Information Systems)، والنظم القائمة على المعرفـة (Knowledge-Based Systems)، وطرق النظم الخبيرة (Expert Systems)، والذكاء الاصطنـاعى (Artificial Intelligence)، حيث ساهمت هذه الأساليب الحديثة مساهمة فعالة فى حل العديـد من نماذج بحوث العمليات الكبيرة والمعقدة لتقترب كثيرًا من الواقع، كما يسـاهم فى إجراء تحليل الحساسية (Sensitivity Analysis) للتعرف على أكبر مـدى لقيمة كل متغير، بحيث لا يهدم الحل الأمثل.

ويجدر بنا الإشارة إلى توضيح الفلسفة التى كوّنتها خلال عملى فـى أصـول معالجة المشكلات من خلال انتقاء بعض المشـكلات ضمـن مـا طُلـب منـى معالجتها، وطرق المعالجة التى اخترتها، وذلك على سبيل المثـال لا الحصـر، وهى على النحو التالى:

**مشكلة استخدام المصاعد.** شكا سكان الوحدات الإداريـة والسـكنية بـأحد الأبراج فى كانساس سيتى بولاية كانساس بأمريكا من بطء الخدمـة بالمصـاعد وطول الانتظار، فقمت بتمثيل المشكلة بنموذج من نمـاذج صفـوف الانتظـار، وسجلت توقيتات وصول وانتظار وخدمة مستخدمى المصاعد. وتبين مـن هـذه

الدراسة التحليلية، أن وقت الانتظار أمام المصاعد لا يثير هذه الزوبعة، ولا يستأهل زيادة عدد المصاعد، مع العلم أن الواقفين أمام المصاعد يدّعون أنهم ينتظرون على ملل.

فاقترحت فكرة غير تقليدية، وهي تغطية جميع حوائط المدخل الذى ينتظر فيه راغبو الخدمة أمام المصاعد بالمرايات من الأرض إلى السقف. وبالمراقبة عن بعد، وجدنا أن المنتظرين أمام المصاعد قد شغلوا أنفسهم بمراقبة الآخرين للتعرف على أذواقهم، والنظر إلى أنفسهم للتأكد من وسامتهم، وبذلك اختفت الشكاوى، ولم تفد المعالجة الرياضية لهذه المشكلة. ويمكن الرجوع إلى التقرير الداخلى [ 26 ] الذى يتضمن تحليل المشكلة، وتشكيل المنظومة، وصياغة نموذج صفوف الانتظار، واقتراح الحل غير الرياضى لها.

**مشكلة علاج المرضى.** عانت مستشفى جامعة أيوا بالولايات المتحدة الأمريكية من سوء توزيع الأعمال الإدارية بين القائمين على علاج المرضى من أطباء وصيادلة وممرضات. وقد أجريت ــ بصفتى مديرًا فنيًا للمشروع ــ دراسة ميدانية تحليلية عن طريق منحة من إدارة الصحة العامة للحكومة الفيدرالية الأمريكية. وقد تمت صياغة منظومة تبدأ بتحرير أوامر الدواء بواسطة الطبيب المعالج، وإرسالها مباشرة عن طريق الحاسب الآلى إلى الصيدلى بالصيدلية الفرعية، الذى يقوم بتجهيز الدواء فى صورة جرعات مستقلة (Unit Dose)، وإشراف الممرضة على تناول المريض لهذه الجرعات فى الأوقات المحددة. كما تم حصر جميع المعلومات التى تتدفق بين الطبيب والصيدلى والممرضة والإدارة، تمهيدًا لتصميم منظومة معلوماتية لتجميع وتخزين واسترجاع ومعالجة المعلومات لإصدار تقارير إحصائية تساعد صانع القرار. وقد قدمت هذه المنظومة المعلوماتية بالحاسب الآلى عن بعد فى أحد المؤتمرات العلمية بولاية فلوريدا. وأدت هذه المعالجة إلى استغلال وقت الصيادلة بطريقة أحسن، وزيادة عامل الأمان فى علاج المرضى، وتركيز الممرضات على أعمالهن الإنسانية مع تقليل نشاطهن الإدارى. ويمكن الرجوع إلى الورقة البحثية [24] التى تتضمن تشخيص المشكلة، وأسلوب معالجتها، ومنظومة المعلومات.

**مشكلة توريد البترول.** تمتلك إحدى شركات البترول الأمريكية بولاية أوكلاهوما بأمريكا تنكات على عربات سكك حديدية (Oil Tanks)، تستخدم فى توصيل مشتقات البترول إلى العملاء. وقد عانت الشركة من عدم توافر عرباتها لتنفيذ أوامر التوريد الجديدة، فكانت تضطر إلى التأخير فى التوريد، أو تأجير عربات لتلبية الطلبات، مما كان يكلفها كثيرا من النفقات، وفقد كثير من العملاء، وبالتالى خفض حجم المبيعات، وتقليل الإيرادات.

وعندما دعيت من قِبَل الشركة لمعالجة المشكلة، كان باحثو العمليات فى الشركة ــ وهم متخصصون فى الرياضيات ــ قد اتجهوا إلى محاولة التعرف على أماكن هذه العربات فى جميع أنحاء الولايات المتحدة بتخطيط برنامج كمبيوتر. وعند البحث والتقصى، وجد أن المشكلة تقع فى إقليم الوسط الغربى فقط (Mid-West)، وعليه يمكن تصغير حجم المشكلة لحصرها فى هذا الإقليم. وبالتحليل والمراجعة، وجدت أن كثيرا من العملاء يستخدمون العربات كمخزن، إلى أن ينتهوا من بيع محتوياتها، ثم يعيدونها للشركة المالكة، وعليه فمن الضرورى متابعة حركة سير العربات، والتأكد من عودتها فى خلال أيام معدودة.

وبناء على ذلك، درسنا عقود التوريد إلى العملاء، واقترحنا تعديل بعض بنود التعاقد، بحيث يشترط إعادة العربة فى خلال أسبوع من تاريخ التوريد، مع فرض غرامات مضاعفة لكل يوم تأخير. وقد نتج عن ذلك أن التزم العملاء بشروط التعاقد، تفادياً من دفع الغرامات، وأصبحت العربات متوافرة لدى الشركة لتلبية جميع طلبات العملاء من مشتقات البترول. وبالتالى لم تعتمد هذه المعالجة على بناء نموذج رياضى أو إيجاد حل كمى، بل اعتمدت على حل قانونى. ويمكن الرجوع إلى التقرير الداخلى [ 23 ] الذى يتضمن تشخيص المشكلة، وأسلوب تحليلها، واقتراحات حلها.

**مشكلة جدولة السفر.** دعيت لإلقاء محاضرات فى 27 جامعة فى كل من أتاوا وتورونتو بكندا، ولنينجراد وموسكو بروسيا، ومعظم دول أوربا( أوسلو، إستكهولم، كوبنهاجن، هلسنكى، بروكسل، فرانكفورت، ميونخ، كولون، زيوريخ، جنيف، باريس، شتراسبورج، لندن، برمنجهام، براغ، روما، ميلانو، نابولى، أثينا، أنقره، لوكسمبرج، أمستردام، روتردام ). وعندما اتصلت بإحدى شركات الطيران الدولية، أفادت أن تكلفة الرحلة ستزيد 50 % عن التكلفة العادية نظرا

لكثرة الطيران هبوطًا وصعودًا (Zigzag)، نتج عنه طول المسافات بالميل.

فاستخدمت برنامجًا نمطيًا لحل مشكلة البائع المسافر (Travelling Salesman Problem)، الذى يبدأ من مدينة معينة ويزور عدة مدن ثم يعود لنفس المدينة التى بدأ منها، بشرط أن يكون إجمالى المسافة أقصر ما يمكن. وحتى يمكن تحديد مواعيد زيارة كل جامعة، غذيت البرنامج بالمدن التى أرغب فى زيارتها بدءا من كانساس سيتى بأمريكا والمسافات الجوية بالميل بين كل مدينة وأخرى، بشرط العودة إلى كانساس سيتى. وحصلت على برنامج الرحلة التى على أساسها حددت موعد زيارة كل جامعة. وقد ترتب على ذلك أن التكلفة زادت 25 % فقط عن التكلفة العادية وليست 50 % كما أفادت شركات الطيران. وهذه المعالجة أعطت حلا مثاليا، مستخدما نموذجا رياضيا نمطيا.

**مشكلة درفلة الكتل.** يقوم أحد مصانع الحديد والصلب بولاية بنسلفانيا بأمريكا بإنتاج الصلب من كتل مصبوبة، وعادة ما يسبق وحدة درفلة الكتل (Rolling Mill) مجموعة من الأفران الغاطسة (Soaking Pits) التى تعمل على إعادة تسخين أسطح الكتل قبل درفلتها، وغطس الكتل لضمان تجانس درجات حرارة الكتلة، وتخزين الكتل لحين درفلتها. علما بأن عشوائية وصول الكتل من خلاط الصلب (Steel Mixer) إلى وحدة الدرفلة، أو تفاوت درجات حرارة الكتل ( تكون الكتل باردة أحيانًا )، أو قلة سعة الأفران الغاطسة، أو توقف الأفران لصيانتها أو إصلاحها، يؤثر على حجم إنتاج المنتجات المدرفلة. والمطلوب تحديد الحجم الأمثل للأفران الغاطسة عن طريق إجراء مقارنة اقتصادية بين تكلفة تقديم الخدمة، وتكلفة الانتظار للحصول على هذه الخدمة. لذلك وجب تشكيل منظومة إنتاجية للتنبؤ بمدى تأثير أعطال وصيانات وإصلاحات الأفران الغاطسة، وكذا التنبؤ بتحسين سعة المنظومة من خلال إمكانية إضافة أفران غاطسة جديدة.

وقد تم صياغة هذه المشكلة فى منظومة مبتكرة من منظومات صفوف الانتظار الدائرية (Cyclic Queueing System)، بحيث تكون المدخلات هى الكتل التى تصل الأفران الغاطسة، متخيلاً أنها تدور فى صف انتظار من قبل وحدة الدرفلة وحتى وصولها للدرفلة، ووحدة الدرفلة تمثل محطة الخدمة الفردية. ولما كانت الأفران الغاطسة لا تُشحن بدفعة أخرى من الكتل إلا إذا تمت

درفلة الدفعة السابقة كلها، فإن الوقت اللازم لسحب دفعة من الكتل من الأفران ما هو إلا وقت تشغيل الدفعة كلها فى وحدة الدرفلة. وتبدأ الأفران فى الدوران الوهمى بمجرد استكمال الخدمة. ويمكن تحديد وقت الانتقال (Transit Time) بأنه الوقت ما بين نهاية خدمة الفرن وإعادته لصف الانتظار للدرفلة، أى أنه حاصل جمع الوقت اللازم لإعادة شحن الفرن بكتل باردة أو ساخنة، والوقت اللازم لإعادة تسخين الكتل إلى درجة الحرارة المطلوبة للدرفلة. وقد تم تخطيط منظومة محاكاة (Simulation System) تمثل منظومة صف الانتظار الدائرى، واستخدم الحاسب الآلى للتنبؤ بالخواص الديناميكية، وتوصلنا إلى الحجم الأمثل للأفران الغاطسة التى تقلل من توقف وحدة الدرفلة. ويمكن الرجوع إلى الورقة البحثية [22] التى تتضمن تشخيص المشكلة، وتشكيل المنظومة، وتمثيل نموذج المحاكاة، والنتائج الإحصائية التى تم الحصول عليها.

**مشكلة اللاحرب واللاسلم.** دعا الأستاذ محمد حسنين هيكل ــ رئيس مجلس إدارة مؤسسة الأهرام آنذاك ــ المؤلف وعالما آخر من أصل عربى فى صيف عام 1972 لمناقشة حالة اللاحرب واللاسلم. وقد مثلنا هذه الحالة بنموذج رياضى مبسط للغاية عبارة عن مصفوفة من أربعة أعمدة تمثل البلاد المؤثرة والمتأثرة بمشكلة الشرق الأوسط ــ وهى: مصر ممثلة للعرب، وإسرائيل، وأمريكا، وروسيا ــ واثنى عشر صفا تمثل العناصر العسكرية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية وغيرها، ثم عرضنا هذا النموذج على سبورة أمام عدد محدود من المسئولين ( سبعة أشخاص منهم الأستاذ محمد حسنين هيكل، والدكتور عبد الملك عودة، والأستاذ حاتم صادق) فى اجتماع مغلق، وأجرينا عملية التقويم تحت إشرافنا، وكانت النتيجة ــ على ما أتذكر ــ أكثر من 500 نقطة لإسرائيل، وما يقرب من 300 نقطة لروسيا، وحوالى 200 نقطة لأمريكا، و110 نقطة بالسلب لمصر.

فكانت مفاجأة للجميع أن حالة اللاحرب واللاسلم فى صالح روسيا أكثر من أمريكا، وأنه من الضرورى تغيير هذه الحالة بأى شكل من الأشكال لأنها فى صالح إسرائيل أكثر. فهذه المعالجة قد اعتمدت على نموذج رياضى مبسط للغاية بهدف الوصول إلى مؤشر وليس إلى حل. ويمكن الرجوع إلى النتائج

التى نشرت خلال شهر سبتمبر عام 1972 ضمن مقالات الأستاذ محمد حسنين هيكل عن اللاحرب واللاسلم فى جريدة الأهرام، والتقرير الداخلى [32].

**مشكلة ضخ البترول.** تمتلك إحدى شركات البترول الأمريكية فى ولاية أوكلاهوما، خط أنابيب يمر بتسعة معامل تكرير، كل منها ينتج ما بين منتج واحد وستة منتجات نفطية وهى: البروبين، والأيزوبوتين، والبوتين الطبيعى، والبروبين/البوتين، والغاز الطبيعى، والبوتين الحقلى. ويقوم كل معمل تكرير بتخزين منتجاته فى تنكات مخصصة لكل منتج، وموصّل بكل تنك طلمبة لضخ المنتج مباشرة فى خط الأنابيب الذى يسع 26,786 برميل. وعند ضخ مشتقات نفطية من التنكات التى يبلغ إجمالها 20 تنكا فى خط الأنابيب، ينتج عنه خليط من تمازج نوعين متتالين أو متعاقبين، مما يؤدى إلى كمية مخلوطة ذات مواصفات وأسعار أقل من مواصفات وأسعار كل من هذين النوعين. والمطلوب تحديد أنسب جدولة لتدفق المنتجات النفطية المختلفة من معامل التكرير خلال فترة معينة، بحيث تكون الخلائط الممزوجة من ضخ مختلف الدفعات النفطية أقل ما يمكن، مع مراعاة عدم حدوث تدفق (Overflow) من أى تنك بسبب وصول الكمية إلى أعلى من مستوى الأمان، مع عدم تصريفه بالضخ.

فقد تم تحديد خصائص تشغيل خط الأنابيب، وتشخيص أنواع الخلائط التى حصرت فى سبعة أنواع، بحيث يمكن تحديد مركز الخط بعد كل دفعة يتم ضخها، أى حجم ومكان كل دفعة نفطية. ولتحاشى تكون هذه الخلائط، وبناء على خبرة القائمين على تشغيل خط الأنابيب، تبين أنه عند ضخ منتج معين فى خط الأنابيب، فإنه يتجمع حوالى 200 برميل على الأقل من نفس النوعين من الناحيتين، وإلا ستنتج هذه الخلائط بصرف النظر عن نوعية المنتج الذى تم ضخه من هذا المعمل، وقد تم تخطيط خوارزيم يناسب هذه المشكلة على الحاسب الآلى، وتم تشغيله 600 ساعة، وحساب 7 برامج جدولة، بحيث يكون أقل فترة ضخ هى 30 دقيقة، وأجريت مقارنة بين الجدولة المقترحة والجدولة السابقة، فتبين أن متوسط التحسين وصل إلى 44.5 %. ويمكن الرجوع إلى الورقة البحثية [20] التى تتضمن تشخيص المشكلة، وصياغة المنظومة، وتصميم الخوارزيم، واستخراج النتائج.

**مشكلة جدولة المشغولات.** حصلت إحدى الشركات الدولية الأمريكية على أمر تشغيل 276 جزءا من جناحى الطائرة 747 فى ورشها. وقد طلب منا جدولة هذه المشغولات على مختلف الماكينات، بهدف تخفيض إجمالى وقت التشغيل، أو تقليل وقت الماكينات الضائع، وبالتالى تخفيض التكلفة. وبعد دراسة فنية تحليلية لتحديد مسار كل مشغولة على مختلف الماكينات، وحساب وقت التشغيل على كل ماكينة، أمكن تصميم مصفوفة تضم الأجزاء والماكينات ومحدد فيها مسار أو تتابع الماكينات لكل جزء من الأجزاء، وأوقات التشغيل على كل ماكينة من الماكينات. ونظراً لكبر حجم المشكلة، صرفنا النظر عن محاولات إيجاد الحل الأمثل للجدولة، واكتفينا بالحصول على حل أقرب إلى الحل الأمثل، وركزنا على الحصول على هذا الحل فى أقل وقت ممكن. فقد تم تطبيق نموذج رياضى يعتمد على أسلوب (Branch-and-Bound Approach)، كنا قد صممناه من قبل لحل المشكلات الترابطية (Combinatorial Problem) للحصول على حل أقرب إلى الحل الأمثل فى أسرع وقت ممكن. وتم تخطيط الخواريزم الخاص بهذا النموذج على الحاسب الآلى، وأجريت التجارب الأولية للاطمئنان إلى صلاحية البرنامج. وقد حصلنا على نتائج باهرة، وفرت مئات الآلاف من الدولارات. ويمكن الرجوع إلى الورقة البحثية [21] التى تتضمن المشكلة، وأسلوب معالجتها، ونتائج الحل.

**مشكلة محاكاة التشغيل.** تعاقدت إحدى الدول العربية المنتجة للبترول مع إحدى الشركات الأمريكية لتصميم محاكى لمنظومة متكاملة لتدريب العاملين بمعامل تكرير البترول. وقد دعيت من قِبَل حكومة هذه الدولة للانضمام كخبير إلى الوفد الحكومى الذى سيزور الشركة الأمريكية للاطلاع على ما تم إنجازه فى المشروع بعد ستة شهور من تاريخ التعاقد. وعند تقديم الجانب الأمريكى ما تم عمله فى المشروع (Progress Presentation)، تبين أن الشركة قامت بتجزئة المنظومة المتكاملة إلى عدة منظومات فرعية، وحصلت على الحل الأمثل لكل منظومة فرعية، ثم ربط هذه المنظومات الفرعية لتشكيل المنظومة المتكاملة. فقد تناست الشركة أن هذا الأسلوب لا يضمن الحل الأمثل للمنظومة المتكاملة، بعد ربط المنظومات الفرعية بعضها ببعض. وقد كان على الشركة أن تعيد العمل مرة أخرى ـــ بعد أن نبهتها إلى ذلك ـــ على أساس المنظومة المتكاملة. ويمكن الرجوع إلى التقرير الداخلى [15] الذى تضمن المناقشات وأسباب إعادة المشروع.

**مشكلة تخطيط النقل.** طلب صندوق الإنماء الكويتى منّا ــ كمجموعة من العلماء الأمريكيين من أصل عربى أسسوا منظمة لتنمية الموارد العربية فى أمريكا (Association for the Development of Arab Resources, ADAR)، وهى المنظمة التى تشرفت بأنى كنت فيها نائبًا لرئيس مجلس الإدارة والعضو المنتدب ــ إجراء دراسة عن تخطيط منظومة النقل فى السودان. وقد أدت هذه الدراسة ــ التى استغرقت عامين ــ إلى استخدام أحد عشر نموذجًا رياضيًا، ما بين نماذج معقدة وأخرى مبسطة لمعالجة مشكلة النقل، ويمكن إيجازها على النحو التالى:

- نموذج بناء السيناريوهات (Scenario Model Building) بغية تحديد الصورة المطلوبة، وحتى يمكن التنبؤ باحتياجات النقل من وسائل وأحجام.
- نموذج مقارنة زوجية (Priority-Pair Comparative Model) لتحديد الأولويات لبناء عدة سيناريوهات، كل لها خصائصها. وكذا توزيع تدفق البضائع والمسافرين على مختلف وسائل النقل (Modes of Transportation) من برية ونهرية وحديدية وبحرية وجوية، وجدولة مراحل مشروعات الخطة.
- نموذج اقتصادى رياضى (Econometric Model) لدراسة سلوك اقتصاد السودان رياضيا، وتنبؤ بحجم أنشطة جميع قطاعات الاقتصاد السودانى لمدة خمس عشرة سنة، وتقويم كيفى للسيناريو المركب.
- نماذج المحاكاة (Simulation Models) لتقويم بدائل السياسات الاقتصادية، وتقويم بدائل سياسات النقل، وتوزيع تدفق البضائع والمسافرين على مختلف وسائل النقل، وتحديد الطرق بين المناطق، على أساس مراكز الثقل.
- نموذج البرمجة الخطية (Linear Programming Model) لتحديد تدفق البضائع من وإلى مراكز ثقل المناطق.
- نموذج اقتصاد هندسى (Engineering Economy Model) لتحديد الاستثمارات المطلوبة لتزويد السودان بالمعدات من مختلف وسائل النقل، وكذا المعدات المستبدلة.
- نموذج التكلفة والفائدة (Cost / Benefit Model) لتحديد جدوى مشروع ازدواج خط السكك الحديدية من بورسودان إلى الخرطوم.
- نماذج عشوائية (Heueristic Models) لتحديد القدرات الاستيعابية لمختلف وسائل النقل من برية، وحديدية، ونهرية، وبحرية، وجوية.

- نماذج تحليل الشبكات (Network Analysis Models) لتحديد أقصر الطرق بين مختلف المناطق بالنسبة لمختلف وسائل النقل.
- نماذج إحصائية (Statistical Forecasting Models) للتنبؤ باحتياجات المسافرين والبضائع من وسائل النقل وسعاتها.
- نماذج جدولة المشروعات (Project Sequencing Models) لتحديد بدء ونهاية مشروعات الخطة.

يتضح من ذلك أن أساليب بحوث العمليات التى استخدمت فى مشروع تخطيط النقل فى السودان قد تنوعت كثيرًا. وأثبتت النماذج الرياضية أنها تمتلك المقومات التى تؤهلها إلى اتباع المنهج العلمى فى مجالات التخطيط والتشغيل. ويمكن الرجوع إلى التقرير [31] الذى يتكون من خمسة أجزاء (حوالى 2500 صفحة)، ويوجد نسخ منه فى كل من وزارتى النقل والتخطيط بحكومة السودان، وصندوق الإنماء الكويتى، والبنك الدولى فى واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية.

**مشكلة استثمار الأموال.** وصل أحد المصريين المقيمين فى سويسرا إلى القاهرة خلال عصر الانفتاح، عارضا مشروعا لإنتاج ساعة يد بها ميزات وخصائص معينة تفيد المسلم فى صلاته، والقبطان فى عمله، وغيرها، وقدم دراسة جدوى للمشروع، مسجلاً أن الربحية قد تصل إلى حوالى 56 %، وطلب اشتراك عشرة مؤسسين فقط، يساهمون فى رأس مال يقدر بحوالى 5 مليون فرنك سويسرى. وبعد اجتماع عاصف استمر حتى الثانية صباحا، وافق المؤسسون — وأنا أحدهم — من ناحية المبدإ على المساهمة فى المشروع. ولكن عند انصرافى رجوت صاحب المشروع فى الحصول على نسخة من دراسة الجدوى، بشرط إعادتها فى اليوم التالى. ولم أنم إلا بعد أن طبقت نموذجا رياضيا بسيطا لتحديد نقطة التعادل التى تعطى مستوى حجم إنتاج بدون ربح أو خسارة. فتبين أن هذا الحجم كبير جدًا، بحيث لم أتوقع إمكانية توزيعه، وعليه فإن المشروع يُعَدّ خاسرا. وعلى هذا الأساس رفضت الاشتراك فى المشروع. ويمكن الرجوع إلى دراسة الجدوى [ 30 ] التى قدمت فى ذلك الوقت، وأسلوب تطبيق نموذج نقطة التعادل الذى بنيت على أساسه رفض المشروع.

**مشكلة تخطيط الإنتاج.** درست خطوات إنتاج مكونات الشكمانات فى أحد مصانع الشركات المغذية للسيارات فى مدينة السادس من أكتوبر التى أعمل

استشاريا لها، وذلك لسد متطلبات شركات تجميع السيارات فى مصر، نظرا لشدة المنافسة فى أسعار الشكمانات محليا وعالميا. وقد تبين ضرورة إعادة تخطيط المصنع الذى يتكون من وحدات أعمال الصاج، وتصنيع العلب، وتجميع المكونات، ودهان الأجزاء، بهدف تخفيض التكلفة. وبدئ فى إعادة تنظيم خطى إنتاج العلب المستديرة والعلب البيضاوية فنيًا، بغية الوصول إلى الاستفادة القصوى من الماكينات التى تشمل المكابس، وماكينات الدسرة، وماكينات اللحام، ثم توليد عدّة بدائل وتقويمها على أساس تقليل تكلفة مناولة المواد، مع تعظيم معدل التقارب. وقد استخدم أسلوب عشوائي لتوليد وتقويم البدائل لاختيار التخطيط الأفضل، مع تطبيق طريقة بيانية لتحليل مدى حساسية هذا التخطيط. وقد توصلنا من جراء تطبيق الأسلوب المقترح إلى تخفيض تكلفة إنتاج العلب بنسبة تصل إلى 17 %. ويمكن الرجوع إلى الورقة البحثية [1] للتعرف على تشخيص المشكلة، وأسلوب المعالجة، وتطبيق الأسلوب، وتحليل النتائج.

هذه عينة من المشكلات الواقعية التى قمنا بمعالجتها، قدمناها كأمثلة حية عن كيفية تشخيص المشكلة، وصياغة المنظومة، وتمثيل النموذج. ويتضح من ذلك أن معالجة المشكلات تتطلب مهارة وتخيلا. فالمهارة يمكن اكتسابها عن طريق المعرفة والأساليب. كما يمكن التمرين أو التدريب على التخيل بعرض مشكلات مصاغة فى منظومات، مستخدمين فى ذلك بعض التصورات الابتكارية.

ويقدم هذا الباب فلسفة المؤلف فى معالجة المشكلات، موضحًا إجراءات تشخيص المشكلة، وإجراءات تشكيل المنظومة، وإجراءات تمثيل النموذج. وقد اخترنا مشكلة معينة كمثال حى، لتوضيح الإجراءات الخاصة بمعالجة المشكلات وهى على النحو التالى:

- **تحليل النشاط لتشخيص مشكلة.**
- **صياغة المشكلة فى منظومة.**
- **تمثيل المنظومة بنموذج.**
- **حل النموذج** بأسلوب رياضى.

والمشكلة التى سنعالجها بتطبيق أسلوب بحوث العمليات، هى مصعد برج القاهرة التى شخصناها فى الفصل الأول، ثم صغناها فى منظومة فى الفصل الثانى، ثم مثلناها بنموذج رياضى فى الفصل الثالث.

# الفصل الأول: إجراءات تشخيص المشكلة

المشكلة تعنى حدوث خلل طارئ فى تشغيل نشــاط مــا، فيجــب تشــخيصه ومعرفة أسبابه تمهيدًا لتلافيه حتى يعمل النشاط بطريقة طبيعيــة. والإحســاس بوجود مشكلة ما فى نشاط معين يتولد عندما نجد أن تشغيل هذا النشــاط يســير فعلاً بطريقة غير طبيعية، إذ قد توجد عقبات فى تشغيل النشاط بــالصورة التــى كانت مرسومة له، أو قد تظهر أخطاء محتملة نتيجة حدوث خلــل فــى إحــدى المكونات، وذلك من خلال أجهزة الضبط والمتابعة التى توجه سير النشاط.

ومن المؤشرات والشواهد والمظاهر التى تشير إلى حدوث مشكلات فــى أى نشاط، ما هو على النحو التالى:

- بطء فى بعض عمليات النشاط.
- قلة أو كثرة القائمين على إنجاز مهمة معينة.
- تأخير فى إعداد أو استخدام بعض المعدات الجديدة.
- تذمر بعض العملاء، أو كثرة شكاوى الموردين.
- تدنى كبير فى معنويات العاملين.
- تضاؤل المنفعة كنقصان الربحية، أو زيادة الخسارة، أو انخفاض المبيعات.

وقد يكون السبب فى ذلك حدوث عقبة أو عقبات تحول دون تحقيــق هــدف معين، أو حدوث خلل أو عطب فى إحدى مكونــات النشــاط. ومــن مظــاهر تشخيص المشكلة (Problem Diagonosis)، زيادة تكلفة الإنتاج، أو تراجع حجــم المبيعات، أو كثرة شكاوى العملاء.

## مفهوم مشكلة التشغيل:

النشاطات فى الواقع العملى، تمثل فى حد ذاتها إما مشــكلات ذات طبيعــة مستقرة (Statıc in Nature)، وإما مشكلات ذات طبيعة ديناميكية (Dynamic in Nature) وقلّما تجد مشكلة ذات طبيعة مستقرة فى الحياة العمليــة، لأن عوامــل وعناصر المشكلة فى تغير دائم. فلا يوجد عنصر فى نشاط ما له صفــة الثبــات والدوام. ويعنى ذلك أن محاولة إيجاد حل من الحلول إنما يمثل حالة معينــة فــى وقت معين للمشكلة.

فالمشكلة الزراعية مثلاً تجمع عدة عناصر ديناميكية تتغير بتغير كثير من العوامل، منها نوعية البذرة، ونوعية التربة، وعناصر المياه، وطريقة الرى، وكمية المياه، وفترات الرى، وتقلبات الطقس من حرارة وبرودة ورطوبة ورياح وأمطار وعواصف، فكل ذلك يؤثر على المحصول كمًا وكيفًا، لأن جميع هذه العناصر لا يمكن تثبيتها فى الطبيعة. وإذا نقلنا هذه المشكلة إلى المعمل لإجراء بعض التجارب اللازمة، فنحن فى هذه الحالة نعالج مشكلة أخرى خرجت عن طبيعة المشكلة الديناميكية.

والمشكلات تختلف اختلافًا كبيرًا فى درجة تعقدها(Complexity)، ونوعية مجالاتها (Scope)، لذلك فمن الصعب التمييز بين المشكلات العرضية والمستديمة، وبالتالى فإنه يصعب تحديد طريقة معينة لتشخيص المشكلة. وبالرغم من ذلك، فالخطوات الرئيسية فى معالجة أى مشكلة تُعَدّ متشابهة. وتبدأ الخطوة الأولى بتحديد مدى الانحراف الحالى أو المتوقع من الوضع النمطى. ويعتمد هذا على خبرة الأخصائى فى هذا المجال، إذ يمكنه تطبيق خبرته فى حالات مشابهة. أما الأخصائى قليل الخبرة، فهو يرتكن إلى البيانات الخاصة بالواقع، مع بعض النمطيات أو الأماميات العامة. وعند تشخيص المشكلة، توضع الأولويات لتمييز العوامل المؤثرة فى الانحرافات.

ويتم دراسة طبيعة ودرجة الانحراف فى التشغيل للتعرف على الأسباب التى أدت إلى ذلك، والتعمق فى وصف وتحليل الانحراف يساعد فى تحديد الأسباب المحتملة (Hypothetical Reasons)، ثم اختيار هذه الأسباب للتعرف على السبب الرئيسى فى هذا الانحراف. والسبب المحتمل أو مجموعة من الأسباب المحتملة هى التى تمدنا بشرح واف للانحراف. ومن المؤسف أن بعض الأخصائيين ذوى الخبرة القصيرة، لا يأخذون الوقت الكافى للتأكد من الأسباب الحقيقية للمشكلة، بل ينظرون سطحيًا إلى المشكلة، ثم يسارعون إلى اتخاذ قرار معين، وكثيرًا ما يتسرعون إلى معالجة مشكلة لو تفحّصوها وعرّفوها، لما وجدوا أى مشكلة بالمرة!! ويمكن تعريف عملية تشخيص المشكلة على النحو التالى:

**" تشخيص المشكلة الناشئة فى نشاط قائم يكون مُعبِّرًا عن مفهوم المشكلة قيد الدراسة، كاشفًا عن مظاهر الخلل فيها، موضحًا طبيعتها وأسبابها، ومحدِّدًا إطارها وحدودها، للتعرف**

على جوانب الخلل في هذا النشاط، وذلك في إطار البيئة المحيطة بها".

وبالرغم من أن المشكلات الواقعية غالبًا ما تكون معقدة، فإن درجة التعقيد لا تمت للمشكلة التى تحت الدراسة بصلة فى معظم الأحيان.

## مفهوم مشكلة المصعد:

فى مبنى برج القاهرة بالجزيرة ــ الذى يعلو حوالى 187 مترًا على سطح الأرض، ويتكون سلمه من 1000 درجة ــ مصعد رئيسى يحمل الزائرين إلى الطابق الأخير لمشاهدة معالم القاهرة بالتليسكوبات المثبتة دائريًا حول مبنى البرج. كما يمكن للزائرين الصعود إلى الطابق قبل الأخير، حيث يوجد مطعم دائرى أنيق يستغرق دورانه 30 دقيقة فى كل دورة، يجلس فيه الزائرون لتناول الطعام وهم يشاهدون مناظر القاهرة الخلابة. ويستغرق صعود المصعد إلى الطابق قبل الأخير حوالى 42 ثانية، وإلى الطابق الأخير حوالى45 ثانية، أى بواقع 4 مترات تقريبًا فى الثانية، مع ملاحظة وقت وقوف المصعد وخروج بعض الزائرين بالطابق قبل الأخير قبل التحرك إلى الطابق الأخير. ولما كان الزائرون يفدون إلى البرج فرادى أو جماعات. فقد نظم مسئول المصعد عملية تشغيله، بدلاً من خدمة كل زائر أو أكثر على حدة، فهو يبدأ الخدمة بفتح باب المصعد تأهبًا للصعود إلى الطابق الأخير أو الطابق قبل الأخير، عندما يصل عدد الزائرين المنتظرين إلى عشرين فردًا، ونظرًا لطول انتظار الزائرين أمام المصعد إلى أن تكتمل المجموعة، فقد تعددت الشكاوى من مستوى الخدمة عامة، وطول الانتظار خاصة.

ولما كان الزائرون لا يفدون بمعدل ثابت، بل يصلون عشوائيًا، فإن فترة انتظارهم قد تطول أو تقصر، تبعًا للوقت الذى تصل فيه المجموعة إلى عشرين فردًا. وقد استدعت إدارة البرج أحد باحثى العمليات لدراسة المشكلة، وتقديم خطط ممكنة لتشغيل المصعد بفاعلية وكفاءة عالية، تمهيدًا لاختيار الخطة الملائمة التى قد تؤدى ــ عند تطبيقها ــ إلى تحسين مستوى الأداء، مع مراعاة أن يكون مستوى تكلفة تقديم هذه الخدمة معقولاً.

# الفصل الثانى: إجراءات تشكيل المنظومة

المنظومة تعنى تركيب معين من أجزاء متعددة متشابكة ومتفاعلة بعضها مع بعض بطريقة غالبًا ما تكون معقدة، بحيث تشترك عدة عناصر أو أسباب تعطى نهاية أو نتيجة محددة. ويمكن تفهم المنظومة بالتوصل إلى معرفة عناصر التشغيل المختلفة، ومعرفة تأثير كل منها على المحصلة النهائية. والمنظومة يمكن تعريفها على أنها مجموعة المقومات التى تتفاعل بعضها مع بعض، وتنتج عنصرًا أو أكثر كمخرج للمنظومة. ويمثل هذا المفهوم كون المدخلات فى المنظومة هى السبب، والمخرجات هى النتيجة. ويمكن صياغة المشكلة ـ بعد تشخيصها والتعرف على مواطنها ـ صياغة علمية فى منظومة لتحديد مختلف العناصر تحديدًا دقيقًا بغية استخدام هذه العناصر فى توصيف المنظومة.

## مفهوم منظومة التشغيل :

النشاطات فى الواقع العملى تمثل فى حد ذاتها إما منظومات ذات هيكلة ممكنة (Well-Structured Problems)، فيسهل صياغة هذا النوع من المشكلات فى منظومة إنتاجية محدّدة عناصرها ومكوناتها، وإما منظومات ذات هيكلة غير ممكنة (Ill-Structured Problems)، فيندر أو يصعب صياغة هذا النوع من المشكلات فى منظومة إنتاجية غير محدّدة عناصرها ومكوناتها.

ومما هو جدير بالذكر، أن التطور المرتقب فى منظومات الذكاء الاصطناعى، مع التطور الملحوظ فى علوم الحاسب، وزيادة القدرات الحسابية الهائلة من حيث السعة والسرعة، سيمكّننا من معالجة المشكلات الواقعية ذات الهيكلة الصعبة، مع السماح بزيادة درجة تعقيد المنظومات وحجومها. كما أتوقع أن الأعوام القليلة القادمة ستشهد نموًّا وتطورًا وتوسعًا فى تحليل المنظومات بهدف التمثيل الحقيقى للمشكلات الواقعية.

وتمثل المنظومة الإنتاجية مفهومًا حديثًا يمكن بواسطته التعرف على المكونات الأساسية للعملية الإنتاجية، ودراسة علاقاتها الداخلية بباقى العناصر والمكونات. والمنظومة فى الواقع العملى، تكون إما منظومة مفتوحة (Open-Loop System) وإما منظومة مغلقة(Closed-Loop System). وقد عالج Martın Star معضلة

الإنتاج على أساس تصور أن أى مركز تصنيعى أو مركز خدمى فى مجموعه يُعَدّ منظومة إنتاجية قائمة بذاتها. ومكونات المنظومة تشمل المدخلات والعمليات التحويلية والمخرجات. ويمكن تعريف عملية صياغة المنظومة على النحو التالى:

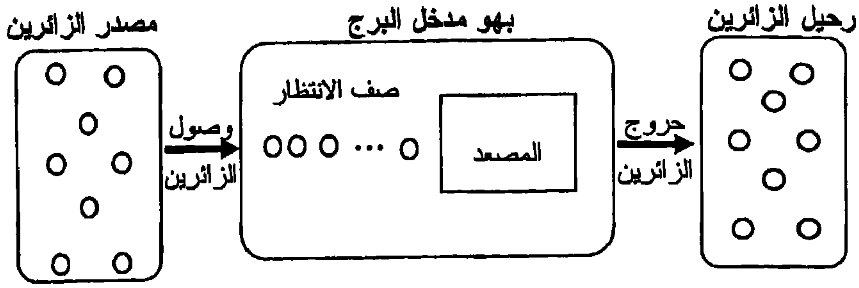
**" صياغة النشاط القائم فى منظومة واقعية، يكون مُعبِّرًا عن روح النشاط قيد التحليل، ومعرِّفًا مكونات وعناصر المنظومة، ومحددًا مدخلاتها ومخرجاتها، ومحللاً لعمليات تحويل مقوماتها إلى نواتج، لتصور علاج فعال لهذه المنظومة، وذلك فى إطار البيئة المحيطة".**

والمنظومات تكاد تكون السمة المميزة لجميع النشاطات فى أنحاء الكون.

## مفهوم منظومة المصعد:

فى مبنى برج القاهرة بالجزيرة، يبحث المختصون فى منظومة للوصول إلى حل مناسب بحيث يوازن بين مستوى خدمة مقبولة للزائرين، ومستوى تكلفة معقولة لإدارة البرج، مع الأخذ فى الحسبان أن الزائرين قادمون لتمضية وقت ممتع، فلا يجب إغضاب الزائرين لطول انتظارهم أمام المصعد، لذلك وجب عمل استقصاء للمشكلة (Problem Investigation)، تمهيدًا لصياغتها فى منظومة علمية. والمنظومة ــ كما أسلفنا ــ هى مجموعة من المقومات أو المدخلات التى تتفاعل بعضها مع بعض، منتجة أو مخرجة عنصرًا أو أكثر كمخرجات للمنظومة.

وباستقصاء المشكلة يتبين أن الزائرين يتوافدون على البرج بطريقة عشوائية متغيرة بتغير الزمن، ويضطرون إلى الانتظار فى الصف لحين تجمع عشرين زائرًا، ثم يفتح مسئول المصعد الباب ليدخل الزائرون، وتبدأ الخدمة بصعود المصعد إلى طابق المطعم أو طابق المشاهدة، وتطول فترة ركوب المصعد أو تقصر حسب رغبة الزائرين، وعند فتح باب المصعد، تنتهى الخدمة برحيل الزائرين من المنظومة. وبهذا الاستقصاء يمكن صياغة منظومة صفوف الانتظار الموضحة فى الشكل رقم (1 - 4)، بحيث لا يتعدى إطار المنظومة حدود بهو مدخل البرج الذى يوجد به المصعد.




شكل رقم (1 - 4) : منظومة صف الانتظار بمصعد البرج

وهذا الشكل يقدم وصفًا مبسطًا لمكونات منظومة صف الانتظار، وهى على النحو التالى:

**وصف مدخلات المنظومة.** يتوافد الزائرون على مبنى البرج من مصدر لا نهائى (Infinite Input Source)، ويعنى ذلك أن يأتى أى مواطن مصرى أو سائح أجنبى إلى البرج من أى مكان. ويصل الزائرون فرادى أو جماعات، ولتسهيل تحليل المنظومة سنعُدّ هيئة الوصول (Arrival Pattern) على شكل فرادى. كما أن وقت الوصول (Arrival Pattern) الذى يصل فيه الزائر إلى البرج عشوائى يتغير بتغير الزمن (Random Arrival Time)، فيتبع توزيعه احتمالية معينة فى وصف معدل وصول الزائرين، بمعنى عدد الزائرين الذين يفدون فى وقت معين، أو معدل الوقت الفاصل بين وصول زائرين متتابعين، بمعنى وقت ما بين دخول زائرين متوالين. كما سنفترض أن الزائر سيكون صبورًا (Patient)، بمعنى أنه سينتظر إلى أن يدخل المصعد لتلقى الخدمة.

**وصف تحويلات المنظومة:** ينتظر الزائرون فى بهو البرج ــ فور وصولهم ــ أمام المصعد فى صف واحد، منتظرين لحين اكتمال المجموعة المكونة من عشرين فردًا. وقد تطول فترة الانتظار للقادمين مبكرًا أى قبل تكوين الصف، أو قد يكون به عدد قليل جدًا من الزائرين، أو تقصر هذه الفترة للقادمين عند قرب اكتمال المجموعة. ويتبع وقت الانتظار توزيعة احتمالية معينة.

وعند اكتمال المجموعة أمام المصعد، يبدأ الزائرون فى تلقى الخدمة، أى ركوب المصعد، والصعود إلى طابق المطعم أو طابق المشاهدة حسب رغبة الزائر. ويمكن توصيف هذه الخدمة حسب قواعد معينة (Service Discipline)

فيتلقى الخدمة حسب الوصول. وشكل الخدمة (Service Mechanism) يكون على أساس خدمة الزائرين فى قناة واحدة أى صف واحد للانتظار، ومرحلة واحدة أى مصعد واحد للخدمة، وهذا ما يعرف فى منظومات صفوف الانتظار بالمصطلح (Single Phase-single Channel). وبالطبع سيكون وقت خدمة الزائرين عشوائيا يتغير بتغير زمن الصعود حتى الطابق الأخير أو الطابق ما قبل الأخير، لذلك فإنه سيتبع توزيعه احتمالية معينة. أما هيئة الخدمة (Service Pattern)، فبالرغم من أن المصعد يخدم مجموعة من الزائرين فى وقت واحد، إلا أننا سنعتبر كل شخص يتلقى خدمته بزمن يتغير حسب تركه للمصعد فى أى من الطابقين (Single Service).

**وصف مخرجات المنظومة.** يخرج الزائر من المصعد لصالة المطعم أو إلى طابق المشاهدة، وبذلك تنتهى الخدمة، ويرحل من المنظومة، كما يمكن تشكيل منظومة أخرى لنزول الزائرين.

# الفصل الثالث: إجراءات تمثيل النموذج

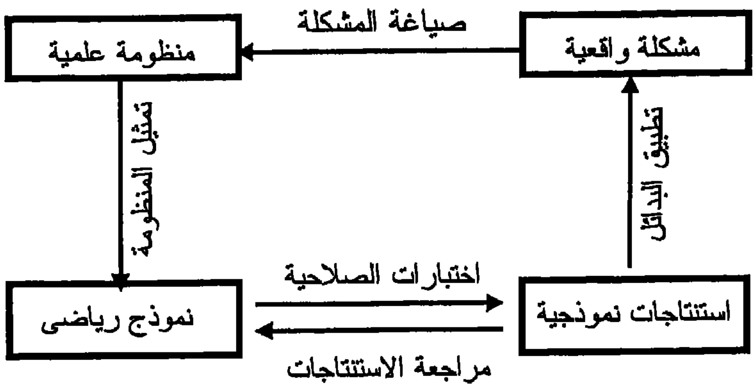
النموذج يعنى تمثيلا مبسطا للواقع، ويحاكى بدقة واقع التشغيل، ويشتمل علـى المكونات الرئيسية للمنظومة التى تصور المشكلة الحقيقية فى صورة مبســـطة، وهو يعبر تعبيرًا واضحًا عن خصائص تشغيل المنظومة، والعلاقات التى تربـــط عناصرها المختلفة، وكذا العلاقات التى تربطها بالبيئة المحيطـــة. والنمـــاذج قـد تكون ذات طبيعة وصفية مثل النماذج اللفظية والبيانية والرياضية؛ وقـــد تكـــون وظيفية كالمجسمات المصغرة مثل نموذج الطائرة الـــذى يســـتخدم فـــى دراســـة الدوامات الهوائية، أو النموذج الذى يحاكى الخلايا العصبية.

## مفهوم نموذج التشغيل:

النشاطات فى الواقع العملى تمثل فى حد ذاتها إما نماذج ذات طبيعـــة وصفيـــة (Descriptive Nature) كالنماذج الرياضية التى تعبر عن منظومة معينـــة، وإمـــا نمـــاذج ذات طبيعة وظيفية (Functional Nature) كالنماذج المجسمة التى تصور منظومة معينة. ويبدأ تشكيل النموذج غالبًا ببعض الأفكار حول تكوين خصـــــائص واقع ملموس. وعند تصميم النموذج المبدئى، يقارن بسلوك الواقع الحقيقى، وغـــالبًا ما ينتج عنه عدم مطابقة النموذج تمامًا للواقع، فتجرى عليه الاختبارات، ثم تتكـــرر التعديلات إلى أن نحصل فى النهاية على نموذج مقبول وملائـــم، أى أقـــرب إلـــى الواقع الحى. وفى الحقيقة أن النماذج لا تستخدم لوصف مجموعة من الأفكار فقط، بل تستخدم أيضًا فى التقويم والتنبؤ بسلوك المنظومة، كما تـــؤدى إلـــى التوصـــل لطرق تحسين الأداء فى مختلف المنظومات. وبهذا يمكن توفير جـــزء كبـــير مـــن الجهد والوقت والمال، وكذا تجنب بعض أسباب الفشل الباهظة التكـــاليف، وإمكـــان الوصول إلى التصميم الأمثل دون الحاجة إلى بناء الواقع بحجمه الطبيعى.

ويلجأ باحثو العمليات عادة إلى تطوير النماذج بصورة مستمرة لتمثيل واقـــــع المنظومة الخاضعة للدراســـة، بدلاً من التعامل مع الواقع مباشرة لعدة أســـــباب، منها: توفير الوقت والتكلفة، وتفادى المخــــاطر والتلاعـــب بواقـــع المنظومـــة، والتخلص من التعقيدات والتفاصيل غير الضرورية لإجـــراء الدراســـة. ويمكـــن تمثيل عملية النمذجة كما هو موضح فى الشكل رقم (2-4) الذى يتناول الانتقـــال من الواقع الحقيقى إلى المنظومة الإنتاجية إلى النموذج الرياضى الذى يتم تحليلـــه

بهدف التوصل إلى الاستنتاجات فى ضوء خصائص المنظومة العملية ليتم تطبيقها فى الواقع العملى.




شكل رقم (2 - 4) : تمثيل عملية النمذجة الرياضية

ويمكن تعريف عملية تمثيل النموذج على النحو التالى:

**" تمثيل المنظومة الإنتاجية فى نموذج رياضى، يكون مُعبِّرًا عن جوهر النموذج قيد المعالجة، ومُعرِّفًا متغيراته وثوابته، ومُحددًا أهدافه وقيوده، لاستخلاص حلول مقنعة لهذا النموذج، وذلك فى إطار البيئة المحيطة به".**

ويُعَدّ تمثيل المنظومة بنموذج رياضى عملية غامضة، أما حل النموذج نفسه فهو فن، مع توافر الأساليب الرياضية والحاسبات الآلية.

والنماذج عامة تمثّل إما تمثيلاً تقريبيًا لمنظومة معينة، حتى يمكن حله بأحد الأساليب الرياضية المتوافرة، وفى ذلك يمكن الحصول على الحل الأمثل لهذا النموذج التقريبى وليس للمنظومة الواقعية ؛ وإما تمثيلاً حقيقيًا لمنظومة علمية، فيصعب حله بالأساليب الرياضية التقليدية، فيضطر إلى اللجوء إلى أسلوب المحاكاة (Simulation Approach)، وبذلك نحصل على حل تقريبى للنموذج، وبالتالى للمشكلة.

**خصائص النموذج الرياضى.** يتطلّب الحصول على معالجة واقعية للمنظومة العلمية ـــ التى ما هى إلا صورة حية للواقع العملى ـــ بناء نموذج واقعى. وتتميز

هذه النماذج بعدة خصائص رئيسية نسرد بعضا منها على النحو التالى:

- نموذج يمثل واقع المنظومة بأقصى دقة ممكنة، وهذا لا يعنى التطابق التـام للواقع فى كل تفصيلاته، لأن ذلك يحتاج لصياغته إلى جهد كبير ووقت طويل.
- نموذج يتميز بمقدرته على إيجاد الحلول الممكنة بطريقة صحيحة.
- نموذج يحوى أقل قدر ممكن من الفروض والشروط، مع بساطته ليكـــون سهل الفهم.
- نموذج يتميز بمرونة حتى يكون قابلا للتعديلات عند الضرورة وبطريقة فعالة.
- نموذج يكون قادرا على تحديد العوامل التى تؤثر على صنع القرار.
- نموذج يكون حساسا للتغيرات التى قد تطرأ على البيانات.

فالنموذج المناسب هو الذى يطابق أو يكون قريبا مـــن الواقـــع، والـــذى يمثـــل خصائص المنظومة.

**مميزات النموذج الرياضى.** تعد النماذج الرياضية من أكثر النماذج تجريـــدا (Abstraction) للواقع العملى. وبالرغم من ذلك، فإن تطبيقات النماذج الرياضيـــة تتميز بصفات معينة، ويمكن سرد بعضها على النحو التالى:

- استخدام النماذج الرياضية يؤكد الاعتقاد بالفوائد المنهجية العلمية المنطقيـــة والمنظمة فى دعم عملية صنع القرار.
- استخدام النماذج الرياضية يسهل عملية المعالجة النظرية والعملية، ويســـاعد فى الاختبارات العلمية، وعمليات التنبؤ، وعمليات التقويم.
- استخدام النماذج الرياضية يساعد فى تحليل البيانات بطريقة سلســـة، وبالتـــالى التأكيد على الحصول على نفس النتائج حتى مع اختلاف الوقت والقائم بالدراسة.
- استخدام النماذج الرياضية يعتمد على معايير اقتصادية فعالة، حيث يقـــارن العديد من الخطوات الممكنة بناء على عدة قياسات اقتصادية مثل تكلفة التشـغيل، والعائد على الاستثمار، ومعدل نمو العائد.
- استخدام النماذج الرياضية يعتمـــد على الحـــاسبات الآلية، نظرا للعلاقـــات المعقدة والمتشابكة بين العوامل من متغيرات وثوابت، والكم الهائل من البيانـــات التى تتطلب الكثير من العمليات الحسابية المضنية.

- استخدام النماذج الرياضية يسهل إجراء الاختبارات العلمية والتحليلات الرياضية وبأقل تكلفة، كما يوفر قدراً كبيرًا من الوقت.
- استخدام النماذج الرياضية يولد عدداً كبيرًا من الحلول والبدائل الممكنة، ويقيم هذه البدائل لاختيار الحلول المثلى بأسرع وقت.
- استخدام النماذج الرياضية يساعد فى حساب درجة المخاطر فى كثير من القرارات المتعلقة بمنظومات متضمنة حالات مخاطرة.

**قصور النموذج الرياضى.** يحدث أحيانًا قصور فى النماذج الرياضية، نظرًا لتباين المشكلات وتعقدها وديناميكيتها، ويمكن سرد بعض ألوان هذا القصور على النحو التالى:

- **حدوث عناصر اقتصادية.** من غير الممكن تحمل نفقات باهظة لمعالجة المشكلة أكثر من الممكن توفيره من جراء اتخاذ القرار الناتج عن هذا النموذج.
- **حدوث عناصر شخصية.** من غير الممكن التحكم فى القرار التنفيذى لضمان عدم حدوث مخاطر نتيجة الحلول غير المثلى الناتجة من النموذج.
- **حدوث عناصر طبيعية.** من غير الممكن بناء نموذج طبق الأصل للواقع العملى، نظرًا لتعقد المشكلة وديناميكيتها، وكثرة متغيراتها، مما سيؤدى إلى نموذج غاية فى التعقيد والتشابك، بحيث لا يمكن حله، وبالتالى لا يمكن معالجة المشكلة.

**هيكل النموذج الرياضى.** يُعَدّ النموذج الرياضى هيكلاً رياضيًّا يوضح كيفية ربط عناصر المنظومة بمجموعة من العبارات والمعادلات والمتباينات، متضمنة متغيرات وثوابت، وفقاً لفروض وشروط ومتطلبات أى قيود على عملية التحويل، وذلك بغية الوصول إلى هدف معين، وهى على النحو التالى:

- **مفهوم أهداف النموذج (Objective Functions).** تعمل المنظومات العلمية للوصول إلى أهداف تخصها مثل تعظيم الأرباح أو تصغير التكلفة، وأهداف تخص عملاءها. فالمستشفى مثلاً تهدف إلى العناية الفائقة بالمريض، والخفض الكبير فى تكلفة العملية العلاجية؛ والجامعة تهدف إلى تخريج طلبة ذات مستوى علمى جيد، بالإضافة إلى تصغير تكلفة العملية التعليمية؛ والمصنع يهدف إلى إرضاء عملائه بإنتاج سلعة ذات جودة عالية، وتعظيم أرباح العملية الإنتاجية. ومن الصعوبة بمكان تحقيق هدف موحد يحقق جميع أهداف المنظومة التى قد تكون متعارضة أو متناقضة، ويمكن تحديد مقياس فعالية المنظومة.

• **مفهوم متغيرات النموذج (Model Variables)**. تتنوع المتغيرات فى النمـوذج الرياضى على النحو التالى:

•• **متغـيرات ممكــن التحكـم فيــها (Controllable Variables)**.

تتميز هذه المتغيرات بأنها قابلة للمعالجة والتحكم مـــن قبـل صـــانع القـــرار. والغرض الرئيسى للنموذج يتركز عادة فى إيجاد أفضل مستوى للمتغيرات التى تمثل نشاطا من أنشطة المنظومة التى تحقق الأهداف الموضوعة.

•• **متغيرات غير ممكن التحكم فيها (Uncontrollable Variables)**.

تتصف هــذه المتغيرات بأنها لا يمكن التحكم فيها من قِبَل صانع القرار، نظـرًا لتأثر قيمتها بعناصر خارجة عن المنظومة كأسعار الخامات التى يتحكـم فيــها الموردون، وأسعار السلع التى يتحكم فيها المنافسون. وقد تتأثر هذه المتغــيرات بعناصر من المنظومة نفسها كطاقة الأجهزة، ومحدودية الوقـــت، ومحدوديــة الأموال المتوافرة لدى المنظومة.

• **مفهوم عوامل النموذج (Model Parameters)**: تتنوع العوامل فـــى النموذج الرياضى على النحو التالى:

•• عوامــل علـــى شــكل ثوابـت معلومـــة ومحـــددة (Constant Parameters).

•• عوامل على شكل دوال احتماليـــة (Probabilistic Parameters)، يصير تقديرها بطرق إحصائية مطلقة.

•• عوامل على شكل دوال عشوائية (Stochastic Parameters)، يصير تقديرها بطرق احتمالية مرتبطة بالوقت.

? **مفهوم قيود النموذج (Model Constraints)**. يخضع النموذج ــ عنـد اختيار الحل الأمثل ــ للعديد من القيود التى تُحِـــدُّ مـــن الخيـــارات الممكنـــة، للحصول على الحل الممكن تطبيقه عمليًا. فعلى سبيل المثال وليـــس الحصـــر، هنـــاك قيـــود على الطاقة الإنتاجية فى المنظومة، أو قيـــود على التكنولوچيـــا المتبعة فى عمليات تحويل المدخلات، أو قـــيود المنافسة الخارجية. ولكل قيـــد من هذه القيود علاقة رياضية تخضع لقيمة ما مثل الطاقة الإنتاجية أو غيرهـــا، سواء كانت أقل من أو تساوى، أو تساوى فقط، أو أكبر مـــن أو تســـاوى هـــذه القيمة. وبالإضافة إلى هذه القيود، توجد قيود تتعلق بطبيعة المتغيرات الممكـــن وغير الممكن التحكم فيها. فإذا كانت متغيرات القرار تعبر عن كميـــات مثـــل

أعداد، أو أوزان، أو أطوال، أو مساحات، أو حجوم، أو ما شابه ذلك، فمن الطبيعي أن يفرض اللاسلبية (Non-Negativity Constraints) على متغيرات القرار.

**صياغة النموذج الرياضى.** تصاغ النماذج الرياضية فى بحوث العمليات بصفة عامة بتعظيم أو تصغير دالة الهدف، وفقا للقيود الواقعية بالإضافة إلى قيود اللاسلبية. ويمكن صياغة النموذج رياضيا على النحو التالى:

تعظيم أو تصغير دالة الهدف التى تقيس فعالية المنظومة قيد الدراسة

$$Z = f(c_j X_j \ , \ c_j Y_j)$$

وفقا للقيود الواقعية

$$F \ (a_{ij} X_j \ , \ a_{ij} Y_j) \qquad (\leq , = , \geq)\ b_j$$

وقيود اللاسلبية

$$X_j \ , Y_j \qquad \geq \qquad 0$$

حيث إن

| | |
|---|---|
| $Z$ | قيمة فعالية المنظومة. |
| $X_j$ | مستوى المتغيرات $j$ الممكن التحكم فيها. |
| $Y_j$ | مستوى المتغيرات $j$ غير الممكن التحكم فيها. |
| $c_j$ | ربحية أو تكلفة المتغير $X_j$ أو $Y_j$. |
| $a_{ij}$ | كمية استهلاك النشاط $j$ من المورد $i$. |
| $b_i$ | كمية متاحة من المورد $i$. |

ويراعى أن تعريف المتغيرات والعوامل يختلف بتغير الموقف العملى المطلوب تمثيله بالنموذج الرياضى الذى يبين العلاقة الكمية بين المدخلات والمخرجات.

وعملية، تمثيل النموذج ما زالت غامضة (Model Representation is a Mistry) حيث إن عملية الابتكار غير مفهومة بعد؛ أما حل النموذج بأى أسلوب رياضى، فهو فن (Problem Solving is an Art).

## مفهوم نموذج المصعد:

فى مبنى برج القاهرة بالجزيرة، يمثل باحث العمليات منظومة مصعد البرج التى تم توصيفها فى الفصل السابق بنموذج صف الانتظار الذى يصف منظومة

المصعد ابتداء من عملية وصول الزائرين إلى بهو البرج، والوقوف أمام المصعد فى صف الانتظار حتى يتلقى الخدمة بركوب المصعد، ثم يرحل من المنظومة بخروجه من المصعد.

ويتكون نموذج صف الانتظار من توقيت عملية وصول الزائرين إلى بهو المصعد، بالإضافة إلى وقت الخدمة بالمصعد. ولما كان الزائرون يتولدون من مجتمع كبير، فعادة ما تكون توقيتات الوصول والخدمة عشوائية، وتخضع فى تغيرها لدالة توزيع الاحتمالات. ويهدف النموذج إلى تحقيق مستوى مناسب من الخدمة مقابل مستوى معقول من تكلفة تقديم هذه الخدمة. ويتأتى ذلك رياضيًا عن طريق بناء معادلات تفاضلية – تفارقية (Differential-Difference Equations) لحساب المتغير فى حالة المنظومة بين فترة وأخرى. ويتم بناء هذه المعادلات على أسس عملية الولادة والوفاة (Birth-and-Death Process)، مشيرًا إلى عملية الوصول إلى المنظومة بعملية الولادة، وعملية المغادرة من المنظومة بعملية الوفاة. وهذه العملية عبارة عن سلسلة ماركوف (Markovian Chain) ذات المتغير العشوائى المستمر الذى يحدث فيها تغيير من حالة إلى حالة مجاورة فقط، أى أن هذه السلسلة لها خاصية نسيان ما حدث فى الماضى (Forgetfullness Property)، وتحديد احتمال حدوث المستقبل على أساس ما يحدث فى الحاضر فقط.

ويتم بناء النموذج العشوائى بتشريح المنظومة على أساس ما قد يحدث خلال فترة زمنية قصيرة جدًا من وصول إلى (ومغادرة من) المنظومة. وعلى ذلك فإن التوزيعات الاحتمالية التى تحكم عدد القادمين والمعادرين فى فترة زمنية معينة تعتمد على طول هذه الفترة وليس على نقطة بدايتها، وهى على النحو التالى:

- احتمال وصول زائر واحد بالضبط فى فترة زمنية قصيرة جدًا طولها $\Delta t$ من مجتمع حجمه $n$ فى بداية الفترة هو $\lambda_n \Delta t + 0 \Delta t$، حيث إن $\lambda_n$ يكون ثابتًا وهو معدل الوصول، وربما يختلف باختلاف قيم $n$، وأن $0 \Delta t$ مقدار مهمل فى الفترة $\Delta t$.
- احتمال مغادرة زائر واحد بالضبط فى فترة زمنية قصيرة جدًا طولها $\Delta t$ من مجتمع حجمه $n$ فى بداية الفترة هو $\mu_n \Delta t + 0\Delta t$، حيث إن $\mu_n$ يكون ثابتًا

وهو معدل الخدمة، وربما يختلف باختلاف قيم n، وأن $0\Delta t$ مقدار مهمل في الفترة $\Delta t$.

• احتمال وصول أو مغادرة أكثر من زائر في فترة زمنية قصيرة جدًّا طولها $\Delta t$ من مجتمع حجمه n في بداية الفترة هو $0\Delta t$، وهو مقدار مهمل في الفترة $\Delta t$، حيث إن الفترة قصيرة جدًّا لا تسمح بدخول أو خروج أكثر من زائر واحد.

• احتمال عدم وصول أو عدم مغادرة زائر في فترة زمنية قصيرة جدًّا طولها $\Delta t$ من مجتمع حجمه n هو $1-\lambda_n \Delta t - \mu_n \Delta t + 0\Delta t$ ، أي $(1-\lambda_n\Delta t)(1-\mu_n\Delta t)$ حيث إن $\lambda_n$ و $\mu_n$ يكونان ثابتين، وربما يختلفان باختلاف قيم n، وأن $0\Delta t$ مقدار مهمل في الفترة $\Delta t$.

وإذا فرضنا أن المنظومة قد تبدأ بوجود عدد معين من الزائرين في اللحظة t، فيمكن حساب احتمال وصول أو مغادرة زائر في فترة زمنية محددة $\Delta t$، بحيث يصبح في المنظومة n زائر في اللحظة $t + \Delta t$، وذلك بحدوث أي من الإحتمالات الأربعة احتمالات التالية:

• احتمال وجود n زائر في المنظومة في اللحظة $t + \Delta t$، عندما كان n-1 زائرًا في اللحظة t، ووصول زائر واحد، وعدم مغادرة أحد المنظومة هو:

$$P_{n-1}(t)(\lambda_{n-1}\Delta t)$$

أو

• احتمال وجود n زائر في المنظومة في اللحظة $t + \Delta t$، عندما كان n+1 زائرًا في اللحظة t، وعدم وصول أي زائر، ومغادرة زائر واحد من المنظومة هو:

$$P_{n+1}(t)(\mu_{n+1}\Delta t)$$

أو

• احتمال وحود n زائر في المنظومة في اللحظة $t + \Delta t$، عندما كان n زائرًا في اللحظة t، وعدم وصول أو مغادرة زائر من المنظومة هو:

$$P_n(t)(1-\lambda_n \Delta t)(1-\mu_n \Delta t)$$

أو

• احتمال وجود n زائر في المنظومة في اللحظة $t + \Delta t$، عندما كان n زائرًا في اللحظة t، ووصول زائر واحد، ومغادرة زائر واحد من المنظومة هو:

$$P_n(t)(\lambda_n \Delta t)(\mu_n \Delta t)$$

ونظرا لكون هذه الاحتمالات الأربعة مستقلة بعضها عـن بعـض (Mutually Exclusive Probabilities)، تصبح القيمة الاحتمالية لمنظومة بها n زائر فـى اللحظة t+Δt هو حاصل جمع هذه الاحتمالات:

$$P_n(t+\Delta t) = P_{n-1}(t)\ (\lambda_{n-1}\Delta t)\ + P_{n+1}(\mu_{n+1}\Delta t) +$$

$$P_n(t)\ (1-\lambda_n \Delta t)\ (1-\mu_n \Delta t)\ +$$

$$P_n(t)\ (\lambda_n \Delta t)\ (\mu_n \Delta t), \qquad n = 1,2, \ldots$$

وإذا فرضنا أن هذه المنظومة قد تبـدأ بوجود عدد معين من الزائرين فـى اللحظة t، فيمكن حساب احتمال وصول أو مغادرة زائر فى فترة زمنية محـددة Δt، بحيث لا يكون فى المنظومة أى زائر فى اللحظة t + Δt، وذلك بحـدوث أى من الاحتمالين التاليين:

- احتمال عدم وجود أى زائر فى المنظومة فى اللحظة t +Δt، حـال عـدم وجود، أو عدم وصول، أو عدم مغادرة أى زائر فى اللحظـة t ( احتمـال عـدم مغادرة زائر من المنظومة يساوى الواحد الصحيح، لأن المنظومة خالية بالتأكيد ) هو:

$$P_0(t)\ (1-\lambda_0 \Delta t)\ (1)$$

أو

- احتمال عدم وجود أى زائر فى المنظومة فى اللحظة t + Δt، حـال عـدم وجود، أو عدم وصول زائر واحد فى اللحظة t، مع مغادرة الزائر الـذى كـان موجودا من قبل هو:

$$P_1(t)\ (1-\lambda_1 \Delta t)\ (\mu_1 \Delta t)$$

ونظرا لكون هذين الاحتمالين مستقلين بعضهما عـن بعـض (Mutually Exclusive Probabilities) تصبح القيمة الاحتمالية لمنظومة خالية من زائرين فى اللحظة t + Δt هو حاصل جمع هذين الاحتمالين:

$$P_0(t+\Delta t) = P_0(t)\ (1-\lambda_0 \Delta t)\ (1) + P_0(t)\ (1-\lambda_1 \Delta t)\ (\mu_1 \Delta t)$$

فإذا تمت تصفية المعادلتين السالفتى الذكر، مع مراعاة أن كـل مقـدار يحـوى مضاعف 0Δt يصبح 0Δt، لأنه مقدار صغير جدا للمقدار Δt، ودمـج جميـع

المقادير $0\Delta t$ فى مقدار واحد هو $0\Delta t$، تصبح المعادلتين كالتالى:

$$P_n(t+\Delta t) = P_n(t)\ (1 - \lambda_n \Delta t - \mu_n\ \Delta t) + P_{n+1}\ (\mu_{n+1}\ \Delta t) + P_{n-1}\ (t)\ (\lambda_{n-1}\ \Delta t) + 0\Delta t\ , \qquad n = 1,2, \ldots$$

$$P_o(t+\Delta t) = P_o(t)\ (1 - \lambda_o \Delta t) + P_1(t)\ (\mu_1\ \Delta t) + 0\Delta t$$

وبفرض أن المنظومة تصبح فى حالة استقرار(Steady State) بعد مرور فترة انتقالية (Transition Period)، يمكن الحصول على مجموعة معادلات بعد إجراء بعض التصفيات البسيطة، وأخذ النهاية عندما تسعى $\Delta t$ إلى الصفر، وتصبح المعادلات غير خاضعة للوقت كما هو على النحو التالى:

$$0 = -(\lambda_n + \mu_n)\,P_n + \lambda_{n-1}\ P_{n-1} + \mu_{n+1} P_{n+1}\ , \qquad n = 1,2, \ldots$$

$$0 = -\ \lambda_o\, P_o + \mu_1\ P_1$$

وتعنى مجموعة المعادلات السالفة الذكر أنه فى حالة المعادلة $n \geq 1$ يكون احتمال وجود n زائر فى المنظومة عبارة عن احتمال وجود n-1 زائر فى المنظومة مع وصول زائر واحد، واحتمال وجود n + 1 زائر مع مغادرة زائر واحد، واحتمال وجود n زائر بدون وصول أو مغادرة أى زائر. أما فى حالة المعادلة $n = 0$ فهى عبارة عن احتمال عدم وجود أحد فى المنظومة مع عدم وصول أحد أيضا، واحتمال وجود زائر واحد ومغادرة هذا الزائر.

هذا هو النموذج الرياضى الذى يمثل منظومة صف الانتظار أمام مصعد برج القاهرة، والتى تم صياغتها فى الفصل الثانى، وبذلك فقد تم تشخيص مشكلة واقعية، ثم صياغتها فى منظومة علمية، ثم تمثيلها بنموذج رياضى. وعند حل هذا النموذج ــ الذى يمثل العلاقة الرياضية بين الوصول والخدمة والمغادرة ــ يمكن استخلاص عدة معايير يتم تقويمها لقياس مستوى أداء أو فعالية المنظومة.

# المراجع العلمية

آثرت أن أنتقى مجموعة من أوراقى البحثية التى نشرت فى عـــدّة دوريـــات علمية، وكلمـــاتى الافتتاحيـــة التـــى دعيـــت لإلقائـــها فـــى عـــدّة مؤتمـــرات علمية، وتقاريرى الداخلية لبعض المشروعات التى قمت بـــها مـــن قِبـــل عـــدّة مؤسسات بحثية، والتى طرحت فيها فلسفتى فى معالجة المشكلات، والتى عرجـت فيها على مناقشة الهندسة الصناعية ومحاورها من إدارة علمية، وبحوث عمليات، وتكنولوچيا معلومات ؛ ثم ذيّلتها ببعض المراجع العلمية التى تقدم تعريـــف علـــم بحوث العمليات وتاريخه وطبيعته ونماذجه واستخداماته:


**01.** Ashour S., M. Sallam, and M. El-Sharief, " Multi-Objectives Layout Planning Approach", to be presented at Cairo University International Conference on Mechanical Design and Production, Cairo, February 15-17, 2000.

**02.** Ashour S.," An Allocation Algorithm for Space Problems " , presented at the 18th International Conference on Computers and Industrial Engineering, Shanghai, China, October, 1995.

**03.** Ashour S., " Operations Research in Decision Making — Two Schools of Thought ", presented as a Key Speech before the First International Conference on Operations Research and its Applications, Al-Asher Min Ramadan City Institute , Al-Asher Min Ramadan City, December, 1994.

**04.** Ashour S., " Informatics and Industrial Development in Egypt " , The Proceedings on Informatics and its Future in Egypt, Cairo , January 1994.

**05.** Ashour S., " The Introduction of Computer Engineering Science and Operations Research to Engineering Education Programs " , Proceedings of the National Symposium on the Development of

Teaching Computer Engineering Science and Operations Research in Egyptian Universities, Cairo, 1991.

06. Ashour S.," Development of Engineering Education System in Sudanese Universities ", Vol. : I Mission Report, Vol. II : Project Documents, Vol. III : Equipment List. The Mission and Report were Sponsered by UNESCO, 1991.

07. Ashour S.," Preperation of Industrial Engineers Needed for Industry " , Proceedings of the First International Conference on Engineering, Technological and Technical Education, Tripoli, Libya, 1991.

08. Ashour S.," The Use of Reverse Engineering in Training B.Sc. Students in Mansoura University ", Proceedings of the First International Symposium on Managing and Nationalizing the Technology, Bahrain, 1990.

09. Ashour S.," A new Enhanced Engineering Program in the Faculty of Engineering ", Proceedings of the World Conference on Engineering Education for Advancing Technology, Sydney, Australia, 1989.

10. Ashour S., " Blue-Print for MIS in Universities " , Proceedings of the 6th National and 3rd International Conference on Computers and Industrial Engineering, Florida, U.S.A, 1984.

11. Ashour S., " Toward an Integrated University Management Information System" , Proceedings of the International Conference on Information Control and Development, Tunis , 1982.

12. Ashour S., " Planning and Development of Required Manpower for the Neurology and Artificial Kidney Center, Internal Report, Mansoura University, 1981.

13. Ashour S.," Development of a Computerized Preventive Maintenance System in the Egyptian Iron & Steel Co., Helwan " Internal Report, June 1977.

14. Ashour S., " Evaluation of the Computer Center in The Egyptian Iron & Steel Co., Helwan " , Internal Report, October 1976.

15. Ashour S., et al., " Development of an Integrated Simulation System for Training Oil Refinery Operators in Libya by Singer Company, U.S.A " , Internal Report, Singer Co., May 1975.

16. Ashour, S., " Ways and Means to perform a Successful Application of Management Sciences " , The Journal of Operations Research Society of Japan, Vol. 18, No. 1, 1975.

17. Ashour S.," Management Sciences and their Applications to Intustrial Development in the Arab World " , The Journal of Systems Science, Vol. 5, No. 3, 1974.

18. Ashour S., " How to be an Effective Management Consultant, presented before the World Bank, Washington, D.C. June 1974.

19. Ashour S., " Operations Research : Past, Present, and Future ", presented at Universities in Ottawa (Canada), Tampera (Finland), Copenhagen (Denmark), Geneva (Switzerland), and Grenoble (France), Summer 1973.

20. Ashour S., A. Pai, " An Algorithmic Approach for Scheduling a Multi-Product Pipeline System " , The International Journal of System Science, Vol. 4, No. 2 , 1973.

21. Ashour S., Moore, and K. Chiu," An Implicit Enumeration Algorithm For the Non-Preemptive Shop Scheduling Problem " The Journal of American Institute of Industrial Engineers

(AIIE), Vol. 6, No. 1, 1973.

22. Ashour S., S. Bindingnavle, " An Optimal Design of a Soaking-Pit Rolling-Mill System ", The Journal of the Society for Computer Simulation, June 1972.

23. Ashour S., et al , " A Railway Oil Tanks Inventory System at Conoco Co., Ponca City, Oklahoma, Internal Report July 1969.

24. Ashour S. W, Tester, , " A Computerized Decentralized Unit Dose Drug Distribution System " , Proceedings of I FAC Symposium on Automatic Control and Computers in the Medical Field, Belguim, 1971, and Proceedings of the 19th Annual Institute Conference and Convention, AIIE, May 1968.

25. Ashour S.," A Non-Mathematical Approach for Resolving a Waiting Problem Infront of Elevators in an Administrative Building in Kansas City, Kansas, Internal Report, Kansas State University, May 1968.

26. Hillier, F.S. and G. J. **Lieberman, Introduction to Operations Research,** Holden-Day Inc. California, U.S.A, 1980.

27. Larnder, H. , " The Origin of Operational Research " , Operations Research, Vol. 32, No. 2, 1984.

28. Miser, H. J.," The History, Nature, and Use of Operations Research in **Handbook of Operations Research, : Foundations and Fundamentals,** Vol. 1, Van Nostrand, New York, U.S.A., 1975.

29. Monks, J. G., **Operations Management,** Schaum's Outline Series, McGraw - Hill Book Company, New York, U.S.A., 1985.

30. Nosouhi A., " An Investment Plan in a Watch Manufacturing

Project — A Feasibility Study, Internal Report, February 1976.

31. Saaty T., S. Ashour et al., " The Development of a Transport Plan in The Sudan " , 5 Volumes, Project Performed by The Association for the Development of Arab Resources (ADAR), Philadephia, PA., U.S.A., and sponsered by Kuwait Investment Fund, 1975.

32. Saaty T., S. Ashour , " No-War, No-Peace Mathematical Model, Internal Report, Al -Ahram Establishment, July 1972. Results appeared in Al-Ahram Newspaper, September 1972.

33. Taha H., **Operations Research : An Introduction,** Macmillan Publishing Co., New York, U.S.A., 1982.

34. White, G.P.,"A Survey of Recent Management Science Applications in Higher Education Administration " , Interface 17 : 2, 1987.

# الإصدارات للمؤلف

## كتب المؤلف العلمية:

- **Sequencing Theory,** Springer - Verlag, 1972. .01
- **Computer Simulation in Design Applications,** Simulation Councils Proceedings Series, Vol. 3, No.1, June 1973. .02
- **Simulation Systems for Manufacturing Industries,** Simulation Councils Proceedings Series, Vol. 3, No. 2, December 1973. .03

04. " ثورة الإدارة العلمية والمعلوماتية "، دار الشروق، القاهرة، 2000

05. " دراسة وتحليل النظم "، دار الشروق، القاهرة، 2000

## كتب المؤلف الدينية:

06. " الإنسان فى القرآن الكريم "، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 1998 .

07. " أدعية ومناسك الحج والعمرة والزيارة "، المركز الألمانى المصرى للطباعة، المنصورة، 1999.

08. " شعيرة الطهارة " ضمن موسوعة " شعائر العبادة فى الإسلام "، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

09. " شعيرة الصلاة " ضمن موسوعة " شعائر العبادة فى الإسلام "، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

10. " شعيرة الزكاة " ضمن موسوعة " شعائر العبادة فى الإسلام "، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

11. " شعيرة الصوم " ضمن موسوعة " شعائر العبادة فى الإسلام "، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

12. " شعيرة الحج " ضمن موسوعة " شعائر العبادة فى الإسلام "، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

رقم الإيداع ١٧٧٥ / ٢٠٠٠
الترقيم الدولى X - 0600 - 09 - 977

مطابع الشروق
القاهرة ٨٠ شارع سيبويه المصرى ـ ت ٤٠٢٣٣٩٩ ـ فاكس ٤٠٣٧٥٦٧ (٠٢)
بيروت : ص ب ٨٠٦٤ ـ هاتف ٣١٥٨٥٩ ـ ٨١٧٢١٣ ـ فاكس ٨١٧٧٦٥ (٠١)